Proyectar es fácil

Dibujo Técnico

ediciones AFHA

Proyectar es fácil

Método ideado para aprender dibujo técnico por sí mismo

Proyectar es fácil

tomo I

Dibujo Técnico



El método de dibujo técnico comprende los siguientes títulos:

proyectar es fácil - dibujo técnico (tres tomos)

proyectar es fácil - proyectista en mecánica (tres tomos)

proyectar es fácil - proyectista en construcción (tres tomos)

C/. Maestro Nicolau, 4 Barcelona (6)
Duodécima edición: Marzo 1974
Depósito Legal: B. 6577-1974 (I)
ISBN 84-201-0278-4 Obra completa
ISBN 84-201-0040-4 Tomo 1
Impreso en España
Printed in Spain
Impreso por EMOGRAPH, S. A.
Almirante Oquendo, 1-9 Barcelona (5)

prólogo

Como consecuencia del carácter tecnológico de nuestra civilización, se hacen indispensables una serie de profesiones que, lejos de tener un carácter auxiliar, resultan fundamentales en su papel de apoyo a las mentes creadoras. Una de estas profesiones es la de delineante proyectista.

Cualquier objeto o pieza, toda obra mecánica o arquitectónica, precisa de un proyecto para su realización. Una serie de planos de conjunto y de planos de despiece facilitan a cuantos deben intervenir en la puesta en marcha del proyecto la correcta interpretación de todas sus partes.

El delineante interviene —según su categoría profesional— en todas las fases de esta labor previa y determinante a la realización. De ahí la enorme importancia de la profesión en sí, y en consecuencia de adquirir, por parte de quien se siente por vocación llamado a ella, una buena y completa formación técnica.

Esta obra PROYECTAR ES FÁCIL, cuyo primer volumen tiene ante usted, representa un esfuerzo editorial sin precedentes, destinado a la formación de quienes sienten inclinación por el dibujo técnico en cualquiera de sus facetas. Es el primero de una serie que abarca todos los conocimientos necesarios al proyectista mecánico o al proyectista en construcción.

Más que en su contenido —obligado por la materia a que se refiere—, la importancia de esta obra está en la originalidad y modernismo con que este contenido se presenta al lector. Se ha partido de la idea «aprender haciendo», enfrentando al estudiante con la mesa de trabajo desde la primera lección del Método. Con un

lenguaje directo y con el mensaje de las imágenes, la experiencia del profesional penetra en la mente del lector y educa su habilidad manual en la misma medida con que lo exige el nivel técnico alcanzado. Los principios del dibujo técnico, con los conocimientos básicos de geometría y de física, la ejecución de planos; un amplio panorama educativo expuesto con una sorprendente claridad y lógica graduación progresiva de los temas.

El oficio; la eficacia al servicio de una labor determinada es lo que se persigue. Para lograr este objetivo, los autores predican con el ejemplo. La mano experimentada del proyectista de oficio se transparenta en todos los ejemplos que ilustran estos libros, en la forma de explicarlos, en la generosidad con que se transmiten aquellos pequeños «trucos» que forman la caja del tesoro de todo profesional que busca, ante todo, la rentabilidad de su trabajo.

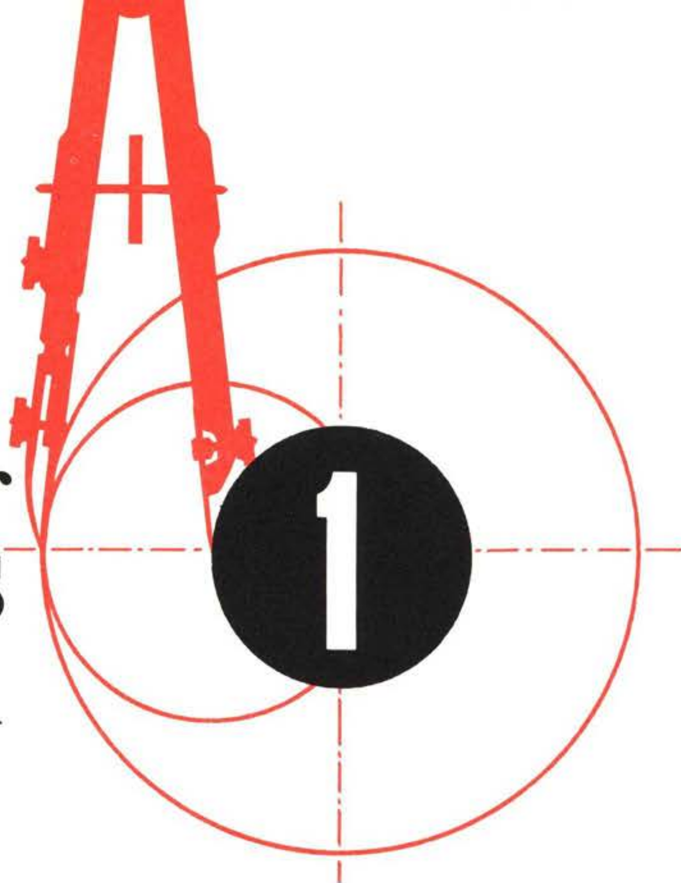
La delineación, y más concretamente la planificación de un proyecto, exige ciertos cálculos que en modo alguno pueden soslayarse. Pero a quien pueda preocuparse por esta faceta del oficio, este Método le proporcionará la tranquilidad de ver que nada es difícil cuando se dosifica con sentido común y se coloca en el lugar conveniente. Lo meramente teórico se ha compendiado en tablas que, como elemento de consulta, nunca estorban en la mesa de dibujo.

A quien desee una preparación acelerada en la profesión de delineante proyectista, éste es el libro que puede ponerlo en la ruta más directa para obtenerla. Estamos seguros de ello.

LOS EDITORES

índice

Proyectar es fácil





AFHA

DIBUJO TECNICO

Lección 1
GEOMETRIA
Elementos
Punto, linea, superficie, cuerpo
Angulos

Lección 1
MATERIAL DE DIBUJO
Instrumentos útiles
del delineante

Lección 1
DIBUJO TECNICO
Sujección de papel de dibujo
Delineación de planos
El dibujo normalizado
Las lineas

Lección 1
PRACTICAS
Ejercicios 1 y 2

geometría 1

ELEMENTOS DE LA GEOMETRIA
PUNTO - LINEA - SUPERFICIE - CUERPO
ANGULOS - BISECTRIZ

Si a una persona no entendida en delineación le presenta un plano con la petición de que le diga qué es aquello, casi seguro que le responderá que es «un dibujo geométrico». Y, hasta cierto punto, no le faltará razón, porque, ¿qué es en realidad lo dibujado en un plano? ¿Cuáles son los elementos de que nos servimos en delineación?...

Puntos, líneas, planos, cuerpos geométricos... conceptos que son la base de la geometría. No hay controversia posible: un delineante debe saber geometría.

Nuestra primera lección consistirá en un repaso general de los conceptos básicos de la geometría, que quizá usted ya ha estudiado. Sin embargo, no le duela dar un repaso a estas cosas tan sencillas pero tan necesarias. Parta de la base de que la geometría es el arma que le permitirá conquistar la ciencia del dibujo técnico.

La geometría es la ciencia que estudia la forma de los cuerpos, sus relaciones y su representación en el plano del dibujo.

Empezaremos, pues, por dar una definición: LA GEOMETRÍA ES LA CIENCIA QUE ESTUDIA LA FORMA DE LOS CUERPOS, SUS RELACIONES Y SU REPRESENTACIÓN SOBRE UN PLANO.

Cuatro son los elementos que maneja el delineante en sus dibujos: el punto, la línea, la superficie y el cuerpo. No se escapará usted de ninguno de ellos, y bueno será que sepamos qué se entiende por cada uno de estos conceptos geométricos.



El punto geométrico se representa mediante la intersección de dos líneas.

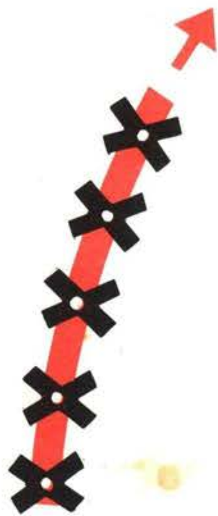


Siempre tendrán un grueso.

EL PUNTO. — El punto geométrico, es un concepto netamente teórico. Se dice que es punto geométrico el elemento de la geometría que carece de toda dimensión. En realidad, el punto geométrico no existe... porque no hay en la creación ningún elemento material que carezca de dimensiones. Ni los cuerpos microscópicos, ni los elementos del átomo, carecen de dimensión. Son dimensiones que asustan por su pequeñez; pero, al fin y al cabo, son materia. De electrones, protones y neutrones está formado el átomo, y de átomos está formado el mundo visible.

Quedamos en que el punto geométrico es un elemento teórico. Pero este elemento es la base de toda la geometría y por esta misma razón se nos hace preciso representarlo de una forma u otra. La forma de representar el punto que más se acerca a su concepto teórico, es la que se indica al margen: dos rectas que se cortan. Desde el punto de vista gráfico, diremos que punto es *la intersección de dos líneas*. Cuanto más delgadas sean estas líneas, más se aproximará a su definición teórica la representación del punto. Sin embargo, repitamos que el punto geométrico es irrepresentable, por más finas que sean las líneas que se cortan. Vistas al microscopio siempre tendrán un grueso.





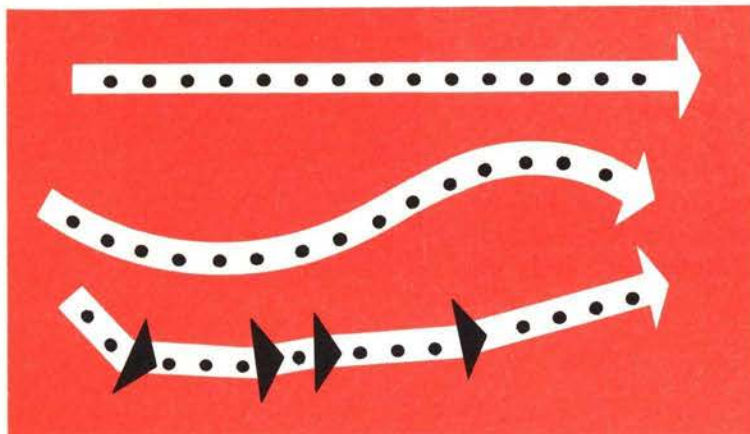
LÍNEA. — Supongamos que un punto teórico empieza a moverse; y supongamos además que tiene la propiedad de dejar una estela visible, como sucede con los modernos aviones a reacción. ¿Ha visto usted estas estelas?... Muchas veces el avión vuela tan alto que no lo vemos, pero ¡vemos su trayectoria! Pues la línea geométrica no es más que la trayectoria de un punto en movimiento.

Diremos: línea geométrica es el elemento engendrado por un punto en movimiento.

Si el punto carecía de toda dimensión, la línea ya no. La línea tiene una dimensión: la longitud.

Lo que en teoría no tiene la recta es grueso, espesor. Engendrada por un elemento que carece de toda dimensión, es lógico que así sea.

Pero los puntos geométricos son caprichosos y no se desplazan siempre de la misma manera. Las distintas maneras de desplazarse que puede tener un punto originan los distintos tipos de líneas.



Si el punto se desplaza siempre en una misma dirección, engendra una LÍNEA RECTA.

La definición más conocida es: LA RECTA ES LA DISTANCIA MÁS CORTA ENTRE DOS PUNTOS.

Si el punto se mueve cambiando constantemente de trayectoria, origina una LÍNEA CURVA.

Si el punto se mueve cambiando de dirección, pero no continuamente, sino a intervalos, engendrará una LÍNEA QUEBRADA.

Hay que advertir que en teoría se considera que una línea no tiene ni principio ni fin. Es infinita en su longitud.

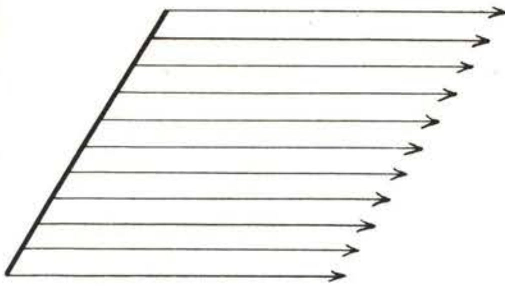


Naturalmente, nosotros no podemos representar nunca una línea teórica. Debemos limitarlas, con lo cual obtendremos lo que se llama un SEGMENTO RECTILÍNEO.



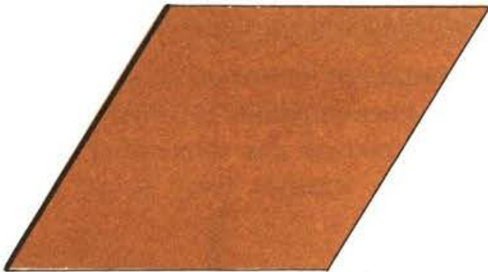
SEGMENTO RECTILÍNEO ES UN FRAGMENTO DE RECTA LIMITADA POR DOS PUNTOS. Véalo representado.

Los segmentos se nombran mediante dos letras situadas en sus extremos. Así, el segmento representado se lee: segmento A B, o simplemente recta A B.



SUPERFICIE. — De la misma forma que hemos imaginado un punto en movimiento que engendraba una línea, imaginemos ahora que es toda una línea la que se pone en movimiento.

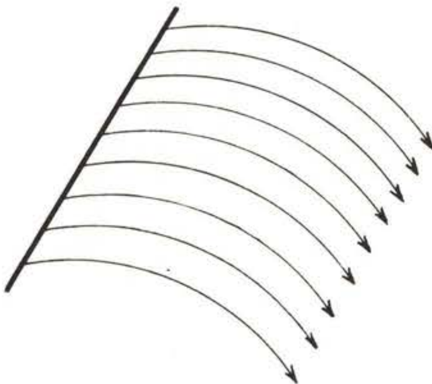
Si la recta dibujada al margen se pone en movimiento en la dirección que indican las flechas, sin variar de rumbo, ¿qué es lo que obtendremos?...



La siguiente figura se lo indica: una superficie plana, o simplemente un PLANO.

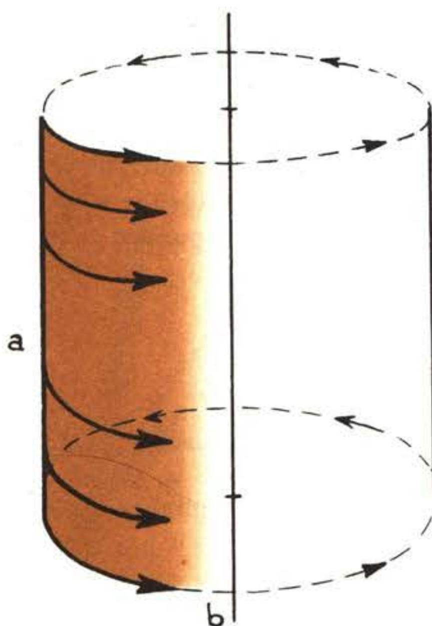
Cuando la trayectoria de la línea no es recta, sino curva, el resultado es una superficie curva.

Pero hemos dicho que la línea no tiene ni principio ni fin. De la misma forma, tampoco la superficie teórica tiene límites. Sin embargo, los dibujantes tienen necesidad de representar un plano. Para representar un plano, lo limitamos mediante líneas que se cortan.



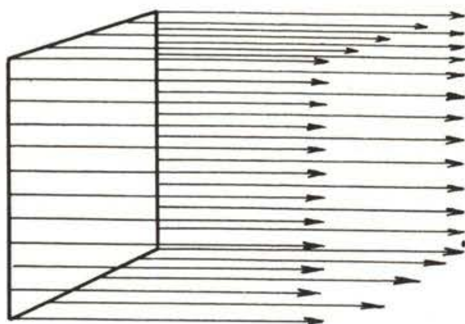
Observe que si en la línea teníamos una sola dimensión (lo largo), en un plano tenemos dos: largo y ancho.

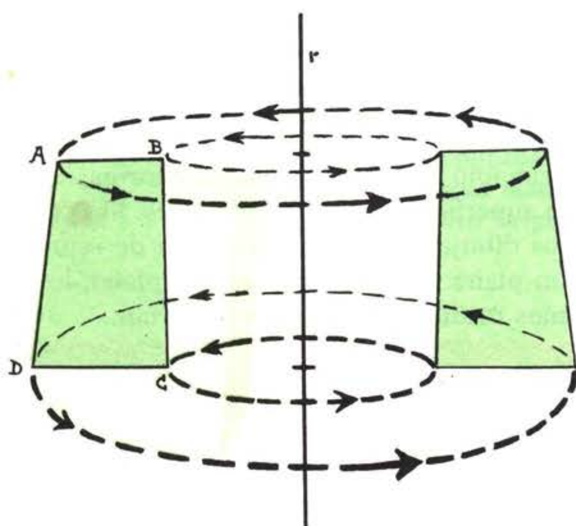
«Las superficies son elementos de dos dimensiones.»



SUPERFICIE DE REVOLUCIÓN. — Supongamos una línea (a) — vea la figura adjunta, por favor —, que gira alrededor de una recta fija (b). No es difícil imaginar el resultado de este movimiento: una superficie curva y cerrada, como la representada

A este tipo de superficies que resultan del giro de una línea alrededor de una recta, se les llama SUPERFICIES DE REVOLUCIÓN. Observe que digo una LÍNEA alrededor de una RECTA, porque la línea que se mueve puede ser recta, curva o quebrada; pero la línea que permanece quieta debe ser forzosamente recta. Esta recta alrededor de la cual gira la línea que engendra la superficie de revolución, recibe el nombre de EJE DE REVOLUCIÓN, o simplemente EJE.





Cuerpo sólido y cuerpo de revolución. — Demos otro paso adelante. Hasta aquí hemos visto los distintos resultados producidos por un punto y una línea en movimiento. Veamos ahora qué es lo que ocurre cuando es una superficie (digamos un plano, para simplificar) lo que se pone en movimiento.

Lo que ocurre no es más que lo indicado en el gráfico correspondiente: una superficie, al desplazarse, engendra un cuerpo sólido.

Si en el punto no teníamos ninguna dimensión, si en la línea teníamos la longitud y si en la superficie teníamos dos dimensiones (largo y ancho), ahora tenemos tres: largo, alto y ancho.

¿Y si el desplazamiento del plano se efectúa alrededor de un eje?... Entonces tendremos un cuerpo de revolución. Si es la superficie ABCD la que gira alrededor del eje (r), obtendremos el cuerpo de revolución indicado.

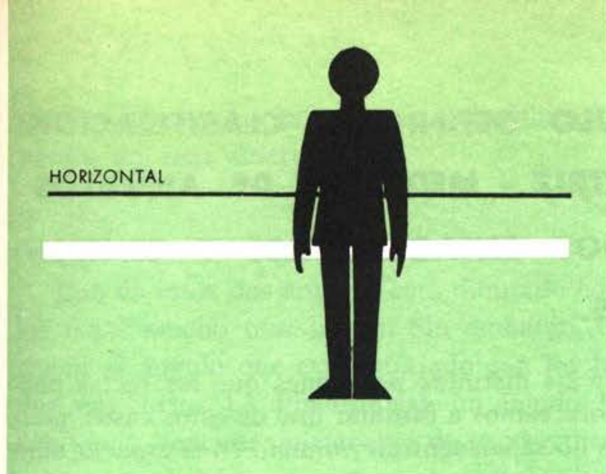
Los cuerpos naturales que nos rodean (aquellos que son producto de la naturaleza) tienen, por lo común, formas irregulares. Carecen de superficies regulares y su estructura no es representable por procedimientos geométricos. Son los cuerpos irregulares. Sin embargo, en la misma naturaleza encontramos unos cuerpos (generalmente muy pequeños) cuyas superficies responden a una construcción perfectamente regular, que son formas geométricas planas. Por ejemplo, los cristales del azúcar, de la sal, de la nieve, etc. Son los llamados cuerpos geométricos.

La inmensa mayoría de los cuerpos sólidos construídos por el hombre son cuerpos geométricos. Los elementos de máquinas — y no digamos los elementos del ramo de la construcción — responden a formas geométricas concretas.

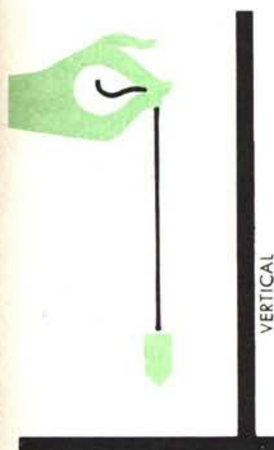
POSICIONES ENTRE RECTAS

Según sea la posición de una o más rectas en el espacio, y según las consideremos independientes o bien relacionadas entre sí, podemos hablar de distintas clases de líneas rectas que tienen un nombre que les es propio.

En forma gráfica y muy concisa, vamos a ver cuáles son los tipos de rectas que podemos encontrar en un plano.



Llamamos horizontal a la recta que sigue la dirección del horizonte.

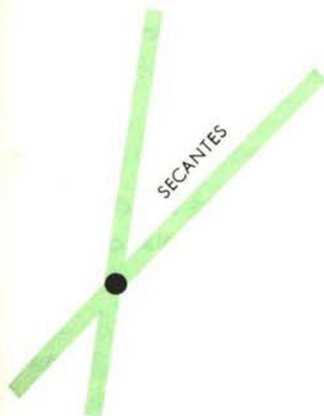


Llamamos vertical a la recta que sigue la dirección de la plomada.

Forma con la horizontal un ángulo recto.



Son líneas paralelas aquellas que mantienen una separación constante. No llegan a juntarse por mucho que se prolonguen.



Decimos que dos líneas son secantes cuando tienen un punto común.

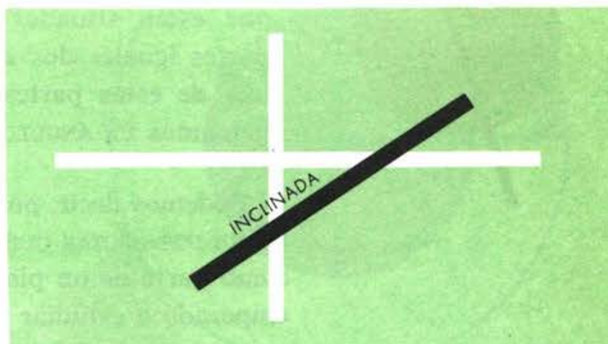
Las secantes son líneas que se cortan.

Las rectas, según su situación en el espacio, pueden ser:

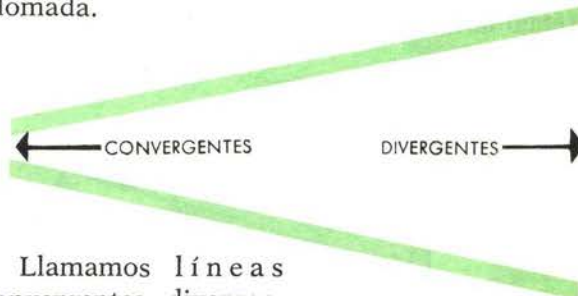
Horizontales
Verticales
Inclinadas

Dos o más líneas rectas, según estén situadas entre sí, pueden ser:

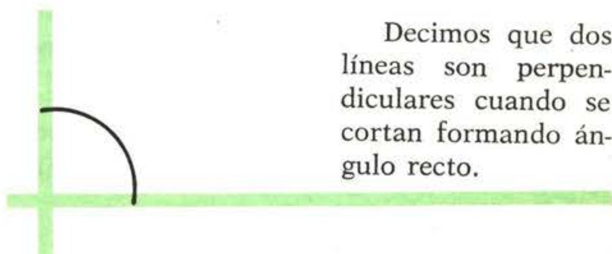
Paralelas
Convergentes - Divergentes
Secantes
Perpendiculares



Es inclinada aquella recta que no sigue ni la dirección horizontal ni la dirección de la plomada.



Llamamos líneas convergentes - divergentes a las que tienden a juntarse en una dirección y a separarse en otra.



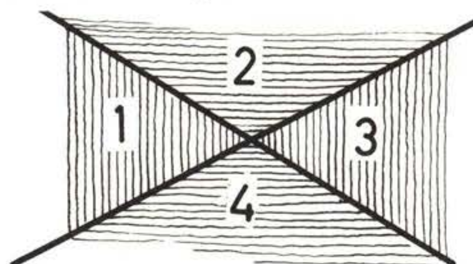
Decimos que dos líneas son perpendiculares cuando se cortan formando ángulo recto.



ANGULO - DEFINICION - CLASIFICACION BISECTRIZ - MEDICION DE ANGULOS GRADOS SEXAGESIMALES Y CENTESIMALES.

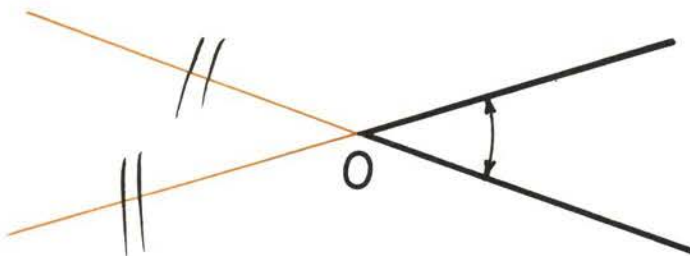
Acabamos de considerar las distintas posiciones que las rectas pueden tener en el espacio. Ahora vamos a estudiar uno de estos casos, pero considerando que las rectas no se encuentran *flotando* en el espacio, sino que en su totalidad están contenidas en un plano, que puede ser perfectamente el plano en que dibujamos. Vamos a estudiar la figura que forman dos rectas secantes; es decir, dos rectas contenidas en un mismo plano y que se cortan directamente o en su prolongación.

Observe cómo dos rectas que se cortan dividen el plano en que están situadas en cuatro partes iguales dos a dos. Cada una de estas partes es lo que llamamos UN ÁNGULO.



Podemos decir, pues, que ÁNGULO ES LA PORCIÓN DE PLANO COMPRENDIDA ENTRE DOS RECTAS QUE SE CORTAN. Esta definición de ángulo, considerado como parte de un plano, parece quizá desplazada cuando aún no hemos empezado a estudiar a fondo el plano geométrico; pero me ha parecido conveniente incluirla aquí, para poder comprender una de las clasificaciones de los ángulos.

Si prescindimos de tres de los ángulos que forman las dos rectas del gráfico anterior, nos quedará lo siguiente:



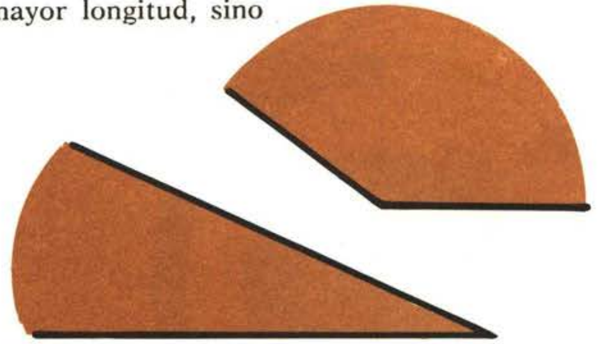
Dos rectas que terminan en un punto común O, al que llamaremos VÉRTICE. A las rectas 1 y 2 las llamaremos lados del ángulo. Y de aquí sacaremos una nueva definición de ángulo que será la que nos servirá por el momento. Diremos:

LLAMAMOS ÁNGULO A LA FIGURA FORMADA POR DOS RECTAS QUE PARTEN DE UN MISMO PUNTO, AL QUE LLAMAMOS VÉRTICE.

Recuerde usted que se dijo que, en delineación, las cosas tienen valor cuando nos es posible establecer sus medidas. De la misma manera que una línea recta tiene una dimensión, también los ángulos deben ser medidos.

¿Cuál es la dimensión que nos sirve para medir un ángulo?... Hasta aquí no hemos hablado de ella. Se trata de LA ABERTURA. Un ángulo será

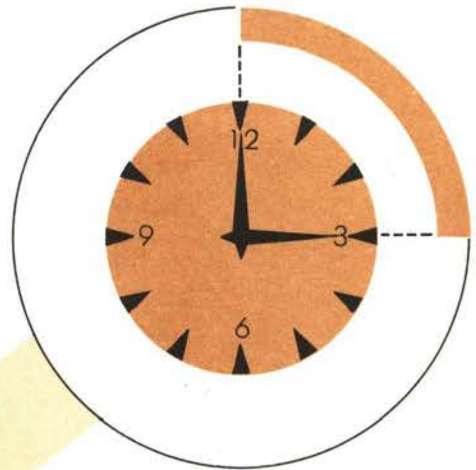
mayor que otro no porque sus lados tengan una mayor longitud, sino porque sea más abierto.

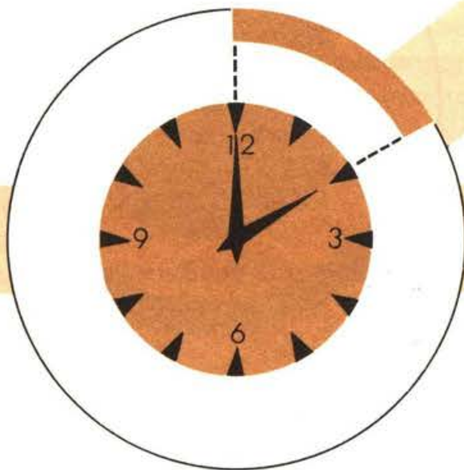


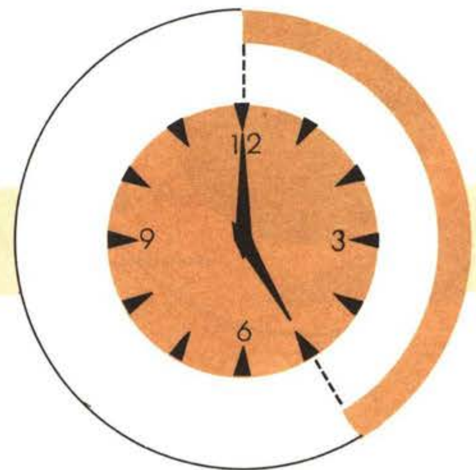
Uno de estos dos ángulos está dibujado con los lados mucho más largos. Sin embargo, es mayor el ángulo que está dibujado con los lados más cortos. La dimensión de un ángulo, lo repetimos, depende únicamente de su abertura.

Y ahora, tome usted un reloj. No, no voy a controlar el tiempo de su estudio. Pero tan familiar instrumento nos servirá estupendamente para estudiar los distintos tipos de ángulos según su abertura.

El reloj marca las tres. Sus saetas, que harán las funciones de lados, están perpendiculares entre sí. Cuando los lados de un ángulo se cortan perpendicularmente, se dice que forman un ángulo recto. Recuérdelo: ÁNGULO RECTO. Observe que abarca exactamente una cuarta parte de toda la circunferencia. Es el ángulo fundamental, el que nos servirá de punto de partida.

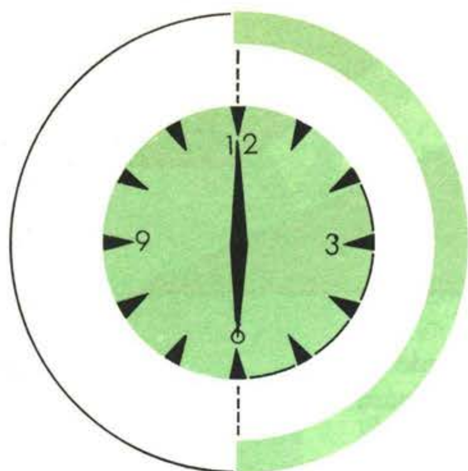






Las dos. Los lados del ángulo están más cerrados. Es menor que el ángulo recto y se llama ÁNGULO AGUDO.

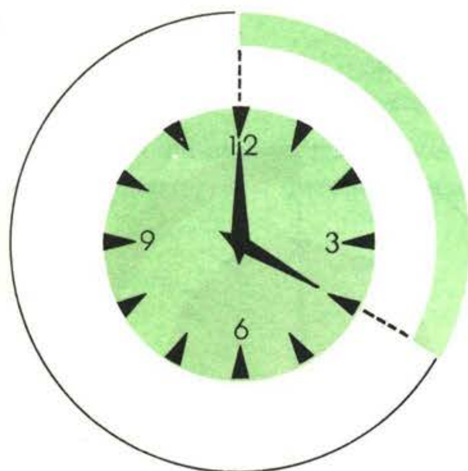
Las cinco. Los lados resultan más abiertos. Se trata de un ángulo mayor que un ángulo recto y se llama ÁNGULO OBTUSO.



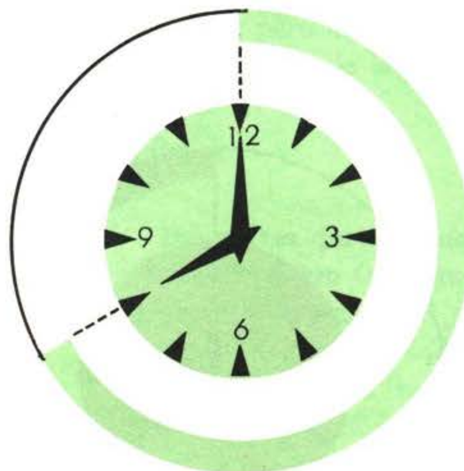
Las seis. Las saetas del reloj están una a continuación de la otra. Vea que es un ángulo que vale dos rectos o, lo que es lo mismo, media circunferencia. Es el llamado ÁNGULO LLANO.

¿Y si el ángulo es mayor que un llano?... ¿Cómo se llama a este supuesto ángulo?... Podemos llamarle tranquilamente *ángulo mayor que un llano*, no hay inconveniente, de la misma manera que podemos decir que un ángulo es *menor que un llano*.

Sin embargo, no es así como se denominan estas dos clases de ángulos, sino que a los ángulos menores que un llano se les llama ÁNGULOS CONVEXOS, llamándose ÁNGULO CÓNCAVO al que es mayor que un llano.



Las cuatro. Se trata de un ÁNGULO CONVEXO.



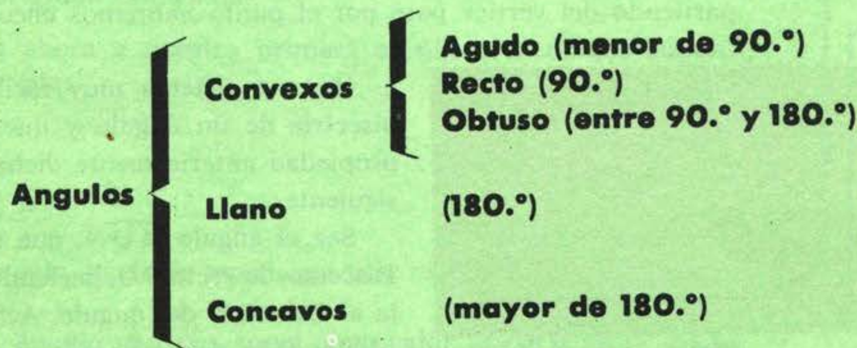
Las ocho. Se trata de un ÁNGULO CÓNCAVO.

¿No parece eso una contradicción?... Porque todos sabemos que una concavidad viene a ser algo así como un hoyo, algo que va hacia adentro, y que una convexidad es todo lo contrario: aquello que representa un saliente, algo que va hacia afuera.

Pero, para comprobar que la denominación es correcta, tenemos la primera definición de ángulo que hemos dado al iniciar el capítulo. Repásela, por favor.



Si ángulo es la porción de plano comprendido entre dos rectas que tienen un punto común, vea cómo realmente los ángulos menores que un llano representan una convexidad, mientras que aquellos que son mayores que un llano representan una concavidad.

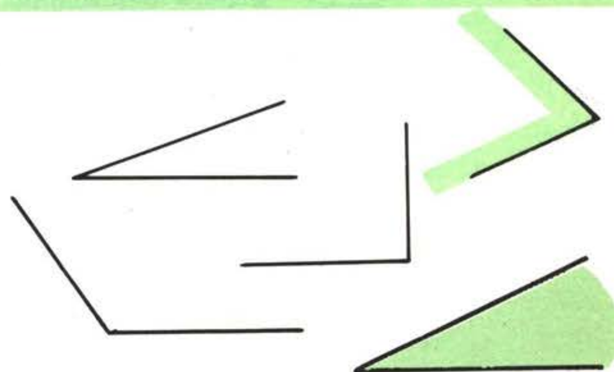


De todas estas clases de ángulos que acabamos de estudiar, los verdaderamente importantes por ser con los que casi exclusivamente habremos de operar, son los ángulos convexos, esto es, los ángulos:

Agudos (menores de un recto).

Recto.

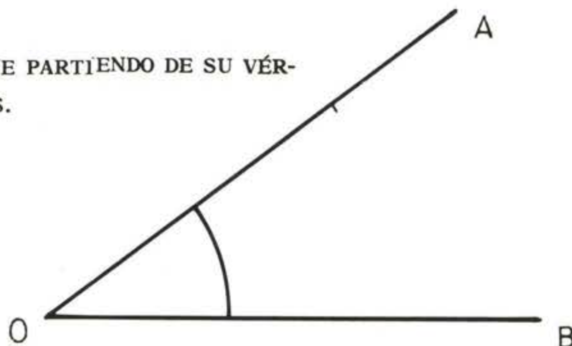
Obtusos (comprendidos entre un recto y un llano).



BISECTRIZ

SE LLAMA BISECTRIZ DE UN ÁNGULO A LA RECTA QUE PARTIENDO DE SU VÉRTICE LO DIVIDE EN DOS PARTES EXACTAMENTE IGUALES.

Sea, por ejemplo, el ángulo $\widehat{AOB}$. Digamos ahora que para indicar un ángulo se citan las letras que indican sus lados, situando siempre la letra O del vértice en el lugar central y, abarcando las tres letras, el signo (⌒) propio del ángulo. Sigamos:



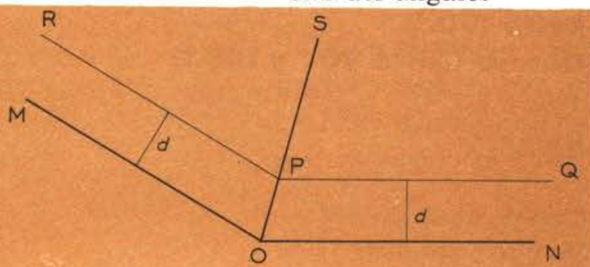


La recta O C divide al ángulo dado en otros dos: el $\widehat{AOC}$ y el $\widehat{COB}$, iguales entre sí. Decimos entonces que la recta O C es la BISECTRIZ del ángulo dado.

PROPIEDAD FUNDAMENTAL DE LA BISECTRIZ DE UN ANGULO

LA BISECTRIZ ES LA RECTA CUYOS PUNTOS EQUIDISTAN DE LOS LADOS DEL ÁNGULO.

Eso quiere decir lo siguiente: que cualquier punto de la bisectriz dista lo mismo de un lado del ángulo que del otro. Esto representa que si conseguimos señalar un punto que diste lo mismo de ambos lados de un ángulo, podemos tener la seguridad de que trazando la recta que partiendo del vértice pase por el punto habremos encontrado la bisectriz del ángulo.

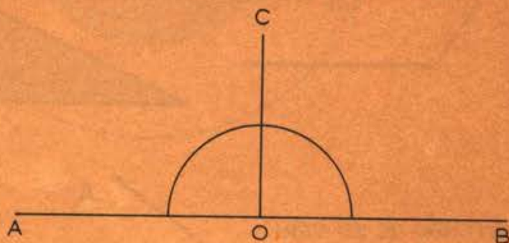


Hay un sistema muy fácil para trazar la bisectriz de un ángulo y que se apoya en la propiedad anteriormente dicha. Se trata de lo siguiente:

Sea el ángulo $\widehat{MON}$, que tenemos al lado. Tracemos la recta P Q, haciendo que sea paralela al lado O N del ángulo. Acto seguido tracemos la recta P R, paralela al lado O M, pero teniendo presente que la distancia (d) que separa del lado O N la recta P Q sea también la que separe la recta P R del lado O M. Tendremos con ello el punto P, que fatalmente distará lo mismo de O M y de O N. Por lo tanto, trazando la recta O S que partiendo del vértice O pasa por P, habremos encontrado la bisectriz. ¿Ve usted qué sencillo?

Iremos viendo distintas formas de encontrar la bisectriz de un ángulo. Para empezar, anote la que hemos estudiado.

Un caso particular de bisectriz es la de un ángulo llano. Diremos que la bisectriz de un ángulo llano lo divide en dos ángulos rectos.



Basta ver la figura adjunta, para comprender que si el ángulo llano $\widehat{AOB}$ vale dos ángulos rectos y la bisectriz es la recta que divide el ángulo en dos partes iguales, la recta O C, que señala dos rectos en la figura, será la bisectriz del ángulo llano dibujado.

UNIDADES DE ABERTURA - GRADOS SEXAGESIMALES Y CENTESIMALES

Hemos dicho que los ángulos se miden por su abertura. De la misma manera que para medir longitudes necesitábamos una unidad, también para medir aberturas de ángulos necesitamos nuestra unidad de abertura. Esta unidad es el GRADO. Se comprende que si la unidad de longitud

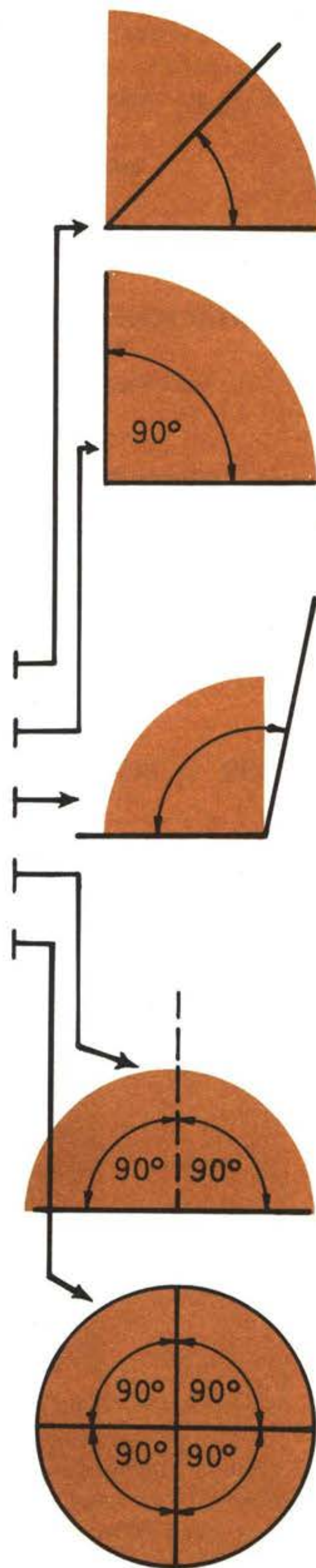
es otra longitud, si la de peso es otro peso, la unidad que nos sirve para medir ángulos debe ser otro ángulo. Ciertamente: el grado no es más que un ángulo que tomamos por unidad.

¿Cuál es el valor real de este ángulo al que llamamos grado?... Es la noventa-ava parte de un ángulo recto. Es decir: dividiendo un ángulo recto en noventa partes iguales, llamamos a cada una de estas partes grado... sexagesimal.

Si en vez de dividir el ángulo recto en noventa partes lo dividimos en cien, habremos obtenido el grado centesimal.

El grado sexagesimal es el más empleado, y únicamente topógrafos, cartógrafos y alguna rama más de la técnica — el arte militar, por ejemplo — utilizan el grado centesimal.

Si volvemos ahora a nuestra primera clasificación de los ángulos, podremos decir que:



Angulo agudo es aquel que vale menos de noventa grados.

Angulo recto es aquel cuyo valor es de noventa grados.

Angulo obtuso es aquel que está comprendido entre 90 y 180 grados.

Angulo llano es aquel que vale ciento ochenta grados (90° + 90° = = 180°), puesto que es igual a dos ángulos rectos.

La máxima abertura es de 360° (90° . 4 = 360°).

Es muy importante saber que el grado es una unidad que no tiene múltiplos. En cambio sí tiene submúltiplos. Se comprende que no tenga múltiplos por cuanto en geometría la mayor abertura posible es la que corresponde a una vuelta o revolución completa que equivale a 4 ángulos rectos. No es ninguna cantidad exorbitante y no hay ninguna necesidad de buscar unidades de orden superior al grado.

Pero ocurre lo contrario: que el grado algunas veces resulta demasiado grande para ajustar la medición de un ángulo. Por eso el grado tiene dos submúltiplos: el minuto y el segundo.

El minuto es sesenta veces menor que el grado.
El segundo es sesenta veces menor que el minuto.

Podemos establecer las siguientes igualdades:

1 grado=60 minutos
1 minuto=60 segundos
1 grado=60 x 60=3.600 segundos

Lo mismo podemos hacer con la graduación centesimal, pero teniendo presente que ahora el minuto es una centésima parte del grado y que el segundo es la centésima parte del minuto.

Las igualdades serán éstas:

1 grado = 100 minutos
1 minuto = 100 segundos
1 grado = 100 x 100 = 10.000 segundos

NOTACIONES PARA GRADOS, MINUTOS Y SEGUNDOS

Sistema sexagesimal

El grado se indica (°). Ejemplo: 27 grados = 27°.

El minuto se indica ('). Ejemplo: 13 minutos = 13'.

El segundo se indica (''). Ejemplo: 42 segundos = 42''.

Sistema centesimal

El grado se indica (g). Ejemplo: 10 grados = 10^g.

El minuto se indica (m). Ejemplo: 72 minutos = 72^m.

El segundo se indica (s). Ejemplo: 46 segundos = 46^s.

Según estas notaciones un ángulo cuyo valor sea de 34 grados con 18 minutos y 54 segundos en el sistema sexagesimal se indicará así:

34° 18' 54''

Si el sistema de medida fuese el centesimal, sería:

34^g 18^m 45^s

ADVERTENCIA

Los transportadores de ángulos normales están divididos en grados y medios grados; pero los que están construídos con las pretensiones de ser aparatos de precisión señalan los minutos e incluso los segundos. Con ellos podemos determinar la medida exacta de un ángulo sin otras complicaciones que las que hemos encontrado en nuestros ejercicios anteriores sobre medición de ángulos. No hay problema.

—Estamos llegando al final, amigo.

—¡Ya es hora! — dirá usted...

Puede que tenga razón. Es posible que este capítulo haya resultado un poco largo y aburrido; pero es mi parecer que los malos ratos, cuanto antes se pasan, mejor.

En fin, se trata de lo siguiente: algunas veces nos interesará dar el valor de un ángulo todo en segundos y otras darlo todo en grados, o bien, en minutos. Es un problema que con frecuencia debe resolver el delineante.

Supongamos que un ángulo mide 32°, 41' y 19''. Por la índole del problema en que nos encontramos, vamos a suponer que nos interesa tener el valor de este ángulo todo en se-

gundos. Se trata de reducir grados, minutos y segundos únicamente a segundos. ¿Cómo hacerlo?...

Sabemos que un grado vale 3.600" (lo hemos dicho antes). Por lo tanto, 32° serán...

$$32^\circ = 32 \times 3.600'' = 115.200''.$$

Por otra parte, sabemos también que 1' vale 60". De lo que deducimos que:

$$41' = 41 \times 60'' = 2.460''.$$

Luego el ángulo dado, expresado en segundos, tendrá un valor de:

$$115.200'' + 2.460'' + 19'' = 117.679''$$

Podemos encontrarnos con un problema inverso. Es decir: que nos interese expresar el valor del ángulo sólo en grados.

En este caso, sabemos que el ángulo valdrá 32° y algo más, sin llegar a los 33°. Este *algo más* es lo que debemos determinar en forma de decimal de grado... ya que quedamos en que debíamos expresar el valor del ángulo sólo en grados.

Es fácil:

Sabemos que el ángulo mide 32°, 41' y 19". Asimismo sabemos que 1' es una sesentava parte de un grado, o sea 1/60 grados. Divida, pues, uno entre sesenta y tendrá el valor de 1', expresado en decimales de grado:

$$1/60 = 0'01666 \text{ grados}$$

Luego, 41' serán:

$$41' = 41/60 = 0'68333 \text{ grados}$$

Por otra parte, ya sabemos que 1" es la 3.600-ava parte de un grado. O sea:

$$1'' = 1/3.600 = 0'00028 \text{ grados}$$

Luego, 19" serán:

$$19'' - 19/3.600 = 0'00528 \text{ grados}$$

Sumando ahora los valores obtenidos, tendremos el valor total del ángulo, expresado en grados, que será de:

$$32^\circ + 0'6833^\circ + 0'00528^\circ = 32'68858^\circ$$

TABLA DE CONVERSION DE MINUTOS Y SEGUNDOS A DECIMALES DE GRADO

M I N U T O S			
Minutos	**Decimales de grado**	**Minutos**	**Decimales de grado**
1	0,01666	31	0,51666
2	0,03333	32	0,53333
3	0,05000	33	0,55000
4	0,06666	34	0,56666
5	0,08333	35	0,58333
6	0,10000	36	0,60000
7	0,11666	37	0,61666
8	0,13333	38	0,63333
9	0,15000	39	0,65000
10	0,16666	40	0,66666
11	0,18333	41	0,68333
12	0,20000	42	0,70000
13	0,21666	43	0,71666
14	0,23333	44	0,73333
15	0,25000	45	0,75000
16	0,26666	46	0,76666
17	0,28333	47	0,78333
18	0,30000	48	0,80000
19	0,31666	49	0,81666
20	0,33333	50	0,83333
21	0,35000	51	0,85000
22	0,36666	52	0,86666
23	0,38333	53	0,88333
24	0,40000	54	0,90000
25	0,41666	55	0,91666
26	0,43333	56	0,93333
27	0,45000	57	0,95000
28	0,46666	58	0,96666
29	0,46333	59	0,98333
30	0,50000	60	1,00000

S E G U N D O S			
Segundos	**Decimales de grado**	**Segundos**	**Decimales de grado**
1	0,00028	31	0,00861
2	0,00056	32	0,00889
3	0,00083	33	0,00917
4	0,00111	34	0,00944
5	0,00139	35	0,00972
6	0,00167	36	0,01000
7	0,00194	37	0,01028
8	0,00222	38	0,01056
9	0,00250	39	0,01083
10	0,00278	40	0,01111
11	0,00306	41	0,01139
12	0,00333	42	0,01167
13	0,00361	43	0,01194
14	0,00389	44	0,01222
15	0,00417	45	0,01250
16	0,00444	46	0,01278
17	0,00472	47	0,01306
18	0,00500	48	0,01333
19	0,00528	49	0,01361
20	0,00556	50	0,01389
21	0,00583	51	0,01417
22	0,00611	52	0,01444
23	0,00639	53	0,01472
24	0,00667	54	0,01500
25	0,00694	55	0,01528
26	0,00722	56	0,01556
27	0,00750	57	0,01583
28	0,00778	58	0,01611
29	0,00806	59	0,01639
30	0,00833	60	0,01667

Ejemplo:

Para obtener el valor de 3°, 7' 32" en grados y decimales de grado, sumaremos a los 3° el valor de 7', que la tabla nos dice que es 0'11666, y el de 32", que buscado en la columna de los segundos resulta ser de 0'00889. Tendremos en total:

$$3^\circ + 0'11666^\circ + 0'00889^\circ = 3'12555^\circ$$

Y ahora, como sedante, lea algo sobre EUCLIDES

Los hombres del siglo veinte, por regla general, tenemos la idea de que todo lo que se refiere a la ciencia se debe al cerebro de los sabios de nuestro tiempo. ¡Qué fenómenos! Han inventado desde la máquina de afeitar eléctrica hasta un cacharro para llegar a la Luna, pasando por el aparato de radio, la televisión, el automóvil y muchos etcéteras. Sabemos, sí, que ha existido un señor llamado Newton que descubrió algo relacionado con la gravedad; pero, ¿qué significa eso comparado con la bomba atómica?...

En fin; no nos paramos a pensar que todos los adelantos que ahora nos maravillan los debemos a aquellos sabios de la antigüedad (más antiguos de lo que muchos creen) que sentaron los fundamentos de la filosofía y de la ciencia (que no deja de ser filosofía). Usted está estudiando geometría, ¿verdad?... Vale, pues, la pena que conozca algo de la vida del hombre gracias al cual nos es posible su estudio. Este sabio, al que la historia ha llamado precisamente «el Geómetra», se llamó Euclides. Parece ser que nació por el año 315 antes de J. C., lo cual quiere decir que hace de eso la friolera de unos dos mil y pico de años. Nació en Tiro y vivió en Damasco y Alejandría, muriendo el año 225 antes de J. C.

Este gran matemático y geómetra vivió bajo la protección del rey de Alejandría Ptolomeo I, el cual le pidió que, recopilando todo lo hasta entonces escrito sobre geometría, procediese a «editar» un libro perfecto y sencillo, a la vez que «moderno» (piense que en aquella época estaban separados de las civilizaciones babilónicas y de las primeras dinastías egipcias lo que nosotros estamos separados de ellos), con todos los conocimientos que pudieran tenerse sobre geometría.

Euclides consiguió lo que Ptolomeo I se había propuesto. Escribió los «Elementos de Geometría», la mejor obra de matemáticas que de aquella época nos ha llegado y que (parece mentira) contiene los mismos conocimientos que hoy estudian nuestras generaciones de escolares. Esta obra consta de trece libros (quince según algunos autores, aunque parece que los dos últimos no se le pueden atribuir al mismo Euclides), y con ella dejó sentados una serie de principios matemáticos, que son los cimientos de la geometría actual.

En aquellos tiempos no se había inventado esto que ahora se llama un especialista, que consiste en algo así como un individuo que sabe mucha anatomía, pero que confunde una sinfonía de Beethoven y un cha-cha-cha. Antes no pasaba esto. Si uno decía que era un sabio, es que lo era de verdad, porque sentía interés por todas las manifestaciones del saber humano. Un sabio era Euclides, y como tal, no sólo se interesaba por las Matemáticas, sino que nos ha dejado un gran número de obras que demuestran sus conocimientos sobre Astronomía (la gran moda de aquella época), sobre Música, sobre Optica...

Sin embargo, la obra más conocida de Euclides es el tomo V de los «Elementos», conocido con el nombre de «Postulado de Euclides». Un postulado es una verdad que confirma la experiencia, pero que no puede demostrarse por razonamientos científicos. Debe aceptarse «por que sí», porque aparece evidente a nuestra inteligencia; no porque pueda hacerse una demostración matemática.

Tal es el caso del postulado de Euclides y de otros postulados sobre los que se levanta el edificio de la geometría y de la matemática. Y después de toda esta disquisición, veamos lo que dice el Postulado de Euclides:

Por un punto exterior a una recta sólo se le puede trazar a ésta una paralela.



MATERIAL DE DIBUJO

1

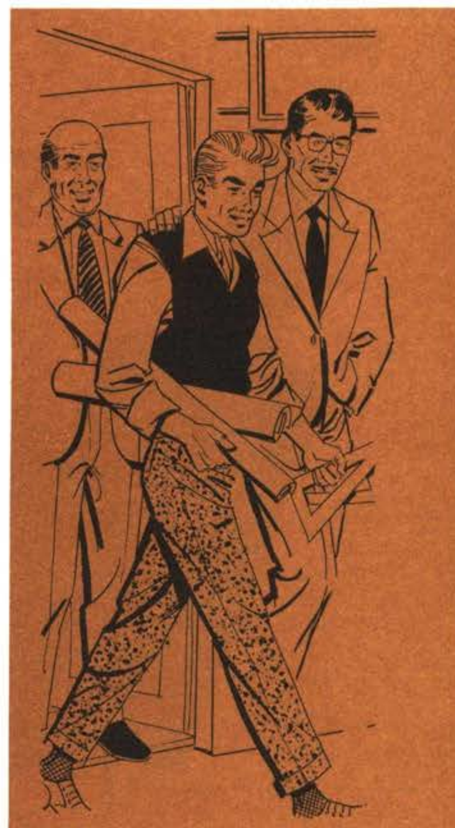
INSTRUMENTOS UTILES DEL DELINEANTE

MATERIAL DE DIBUJO

En toda profesión entran en juego la teoría y la práctica; y todos estamos acostumbrados a escuchar expresiones como ésta: «Una cosa es la teoría y otra es la práctica», queriendo indicar que es muy distinto decir cómo debe ser una cosa y hacerla luego según lo que indica la teoría.

Esta defensa sistemática de la práctica, poniéndola siempre con ventaja sobre los conceptos teóricos, es casi siempre producto de la ignorancia. No hay sistema de hacer una cosa si antes no se sabe a ciencia cierta cómo debe ser. Tampoco se trata de despreciar la práctica, el oficio propiamente dicho, porque no hay profesión completa si no se reunen las dos cosas: un auténtico conocimiento de la teoría y un dominio correcto de la práctica que permita traducir en realidades los conocimientos teóricos. Práctica y teoría deben pesar lo mismo en la balanza de sus estudios.

A medida que avance usted en los estudios, se dará cuenta de que los ejercicios prácticos que irá desarrollando se apoyan en conceptos teóricos estudiados con anterioridad. Por una parte, deberá dibujar, saber manejar sus instrumentos de trabajo con precisión y seguridad; por otra, será necesario saber lo que hay que dibujar; eso lo sabrá si domina la teoría.



Pero dejémonos de que si práctica, si teoría, para entrar directamente en la primera: LA PRACTICA.

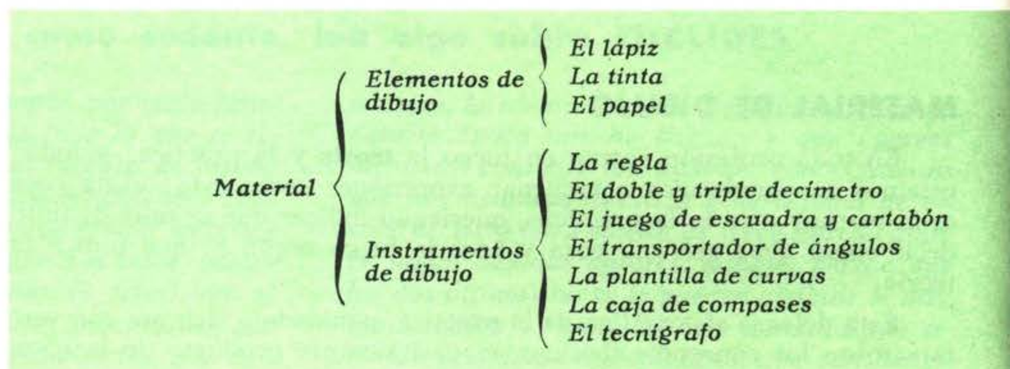
La práctica del delineante la constituye el dibujo; lo que se llama el dibujo técnico. Saber dibujar es la primera meta del delineante, y para dibujar se necesitan los instrumentos necesarios. Vamos, pues, a citar y describir el MATERIAL DE DIBUJO.

Indiscutiblemente que para dibujar. simplemente dibujar, con un papel y un lápiz basta, y el artista no tiene necesidad de más para ejercer su profesión. Porque al artista le tiene sin cuidado la precisión, pero no así al delineante de cuyos dibujos deben salir piezas, máquinas, fábricas enteras, edificios...

De esta necesidad de precisión, han nacido todos los instrumentos que facilitan la labor del delineante.

Los útiles del delineante, podemos considerarlos de dos tipos: aquellos que permiten dibujar y aquellos que facilitan la realización del dibujo, proporcionando mayor pulcritud, mayor exactitud o simplemente mayor velocidad. Llamaremos a los primeros elementos de dibujo y a los segundos instrumentos de dibujo, sin que esta denominación sea nada oficial ni mucho menos. Pero servirá para entendernos.

Imagine ahora que entramos usted y yo en una de estas tiendas en las que se anuncia que lo tienen «todo para el dibujante». ¡Cuántos cacharros! ¡Cuánto instrumento reluciente! Uno diría que está ante la vitrina de un cirujano. Pero, ¡cuidado! No hay que precipitarse. De momento necesitamos lo imprescindible. Los lujos siempre pueden esperar... sin que esto quiera decir que deba ser tacaño al adquirir sus herramientas de trabajo. Cuando sea ya todo un delineante, no debe saberle mal adquirir material de primera calidad. A la larga siempre es un ahorro positivo y una ganancia en rapidez en el trabajo. ¡El tiempo es dinero, qué caramba!



En este cuadro tiene usted resumido el material de dibujo más usado por el delineante.

Hablemos un poco de cada uno de estos elementos e instrumentos, empezando por...

EL LAPIZ

Empecemos por decir que no todos los lápices son aptos para el dibujo técnico. El lápiz del delineante debe reunir ciertas condiciones para que pueda servirnos con fidelidad.

La madera de nuestros lápices debe ser blanda, a ser posible de cedro, contrariamente a lo que debe ser la mina. La mina del lápiz debe tener una cierta dureza; por eso se fabrican de grafito.

¡Algo importante!: el lápiz del delineante debe ser siempre negro.

Volviendo a la mina, digamos que la dureza del grafito no siempre es la misma, por lo cual los fabricantes de lápices han tenido la precaución de establecer una tabla, bien por medio de números, bien por medio de letras o ambas cosas a la vez, para indicar al dibujante el grado de dureza de los lápices que ponen a la venta.

Es importante conocer la dureza de un lápiz para poder escoger el más útil para cada uno de los casos en que el delineante se puede encontrar. A mayor dureza, se consigue una línea más nítida pero disminuye el vigor de la línea. Viceversa: cuanto más blando el lápiz, menos precisa es la línea y más intensa, más negra.

En la tabla siguiente puede usted ver la anotación más usual de la dureza del lápiz y el más recomendable para cada uno de los usos que en la misma se indican.

Trabajo a efectuar	Lápiz n.°	Lápiz letra
Croquis a mano alzada	*1*	*2 B*
Croquis a mano alzada y dibujo sobre papel amarillo	*2*	*B o H*
Dibujo sobre papel amarillo	*3*	*F*
Dibujo sobre papel vegetal	*4*	*2 H*
Dibujo sobre papel vegetal	*5*	*3 H*



La práctica enseña que la punta del lápiz bebe tener de ocho a diéz milímetros.

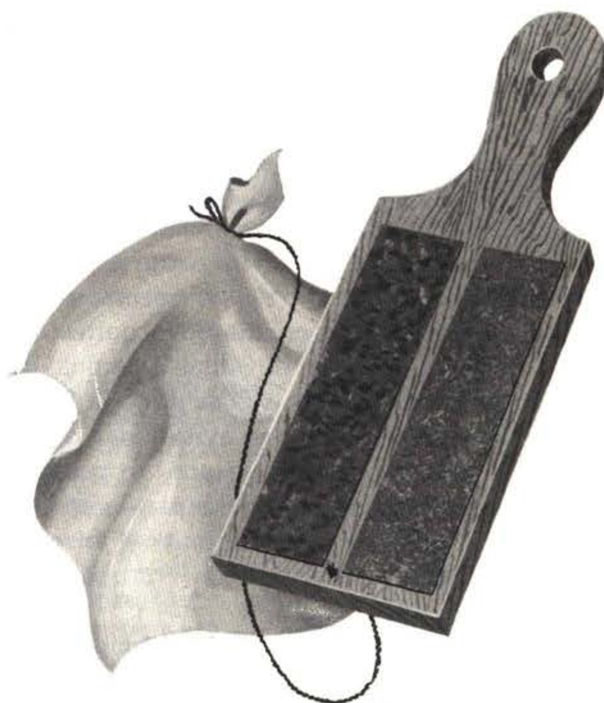
El número más empleado es el 3, o su correspondiente letra F. Los números 1 y 5 son prácticamente inútiles.

Es fundamental para la exactitud del dibujo que la punta del lápiz esté bien afilada y tenga una longitud conveniente. Nunca me he fiado mucho de un delineante que no pone cuidado al sacar punta a su lápiz. Una punta perfecta viene a ser algo así como un certificado de buen profesionalismo. ¿Cómo debe estar esta punta?

Ante todo, empezaré por decirle que no debe utilizar la llamada maquinilla de sacar punta, porque lo que nosotros necesitamos es *una buena punta* y no una ridiculez. La maquinilla está muy bien para los escolares, pero no para un delineante profesional. Saque punta al lápiz con una hoja de afeitar (¡cuidado con los dedos!), con un cuchillo bien afilado o con cualquier otro instrumento cortante.

Si el lápiz tiene recubrimiento de madera, se talla ésta pero *respetando la mina.* La herramienta de corte no debe afectar la mina del lápiz, la cual se pulimentará y afilará por otro procedimiento. Si trabajamos con portaminas (cosa que recomendamos) nos ahorramos el trabajo de cortar la madera.

El mejor afilaminas, es, sin duda, el papel de lija muy fino. Para afilar una mina, cuya longitud no será superior a un centímetro, bastará una tira de papel de lija de granulación muy fina, aunque convendrá disponer de otra tira de mayor grado para desbastar las minas de lápiz nuevo o aquellas que obtenemos después de que se nos ha roto la que teníamos en el lápiz.



Para mayor comodidad, puede construirse el *aparato* que viene fotografiado al margen de la página anterior. Como ve es sencillísimo: una tablilla de madera en la que se han pegado dos tiras de papel de lija, de distinto grano, más grueso el de la tira 1 y más fino el otro, 2. Pida lija del número 1, para el de grano grueso, y del número 00 para el de grano fino. Tendrá un afila-lápices perfecto si añade a la tablilla un trozo de tela que le permita limpiar el polvillo de grafito que siempre queda adherido a la punta del lápiz y que con mucha facilidad ensucia el dibujo.

Y hablando de precauciones:

¡Cuidado al afilar la mina! Hágalo lejos del plano que está dibujando, en previsión de que el fino polvo de grafito que se desprende pueda depositarse sobre el papel. No hay nada más fastidioso y difícil de suprimir que las manchas producidas por el polvo de grafito. Usted se dirá que estas observaciones son de escuela primaria, y puede que tenga razón; pero se da el caso de que todos hemos pasado por la escuela y sin embargo seguimos haciendo mal las cosas a pesar de las advertencias.

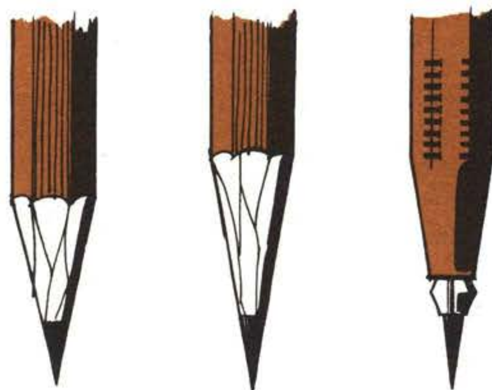
El afilado de la mina permanecerá según la dureza del lápiz y el desgaste que produzca la superficie del papel. Papel y lápiz deben estar de acuerdo, puesto que un lápiz demasiado duro actuando sobre un papel poroso y blando produce un surco que no hay quien haga desaparecer. Un lápiz demasiado blando ensucia la superficie del papel y requiere un continuo afilado.

AFILADO A BISEL

Cuando no debe rotularse nada a lápiz ni deben trazarse líneas curvas a mano alzada, lo cual quiere decir que sólo deben trazarse rectas —caso muy frecuente en dibujo arquitectónico—, existe el recurso de afilar la mina del lápiz en forma de bisel en vez de darle la forma cónica habitual. Con ello se evita afilar tantas veces el lápiz. Al principio resulta un poco engorroso mantener la punta del lápiz siempre en una misma posición, pero pronto el bisel se adapta perfectamente a la regla y proporciona líneas rectas perfectas.

Cuando se adopta este tipo de afilado, debe disponerse de otro lápiz con punta normal para solucionar las posibles curvas y líneas a mano alzada.

Nadie discute que, sobre todo en los principios, es mejor trabajar con un lápiz duro como única solución para conseguir precisión en los trazados. Pero el dibujante debe tener en cuenta que a un lápiz duro no pueden exigírsele trazos intensos. Este es un riesgo que corren los que, ante las líneas poco intensas del lápiz duro, aprietan más sobre el papel para conseguir líneas más visibles. Estas líneas, conseguidas con mayor precisión de la que se requiere para no castigar al papel, son prácticamente indelebles y causa inmediata de dibujos mal presentados.



De izquierda a derecha: punta demasiado corta; punta correcta: punta de portaminas bien afilada.

Es preferible ganar en precisión, aunque sea a trueque de dibujos de líneas poco intensas.



Mina afilada normalmente; mina afilada a bisel por dos caras con arista recta y mina afilada a bisel por un solo lado.

LA TINTA

El delineante emplea únicamente tinta china negra. Esta tinta tiene la propiedad de ser completamente opaca, sin transparencia alguna. Además seca rápidamente y, una vez seca, es difícilmente soluble en agua.

La tinta china se presenta al mercado de dos formas distintas: en tubos y en botellas. Para trabajar con tiralíneas, es mejor el tubo, pero siempre será conveniente que tenga a mano una botella para cargar las plumillas finas.

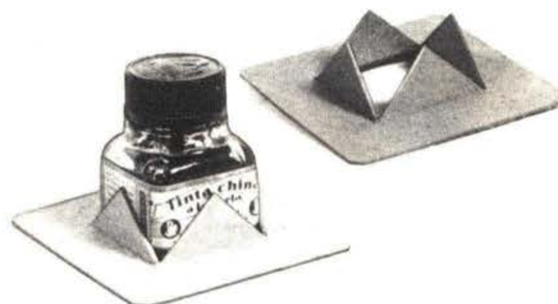


Los tubos llevan un tapón o caperuza en la parte superior. La inferior es de goma y basta oprimirla para que brote el líquido por la abertura superior.

Los tinteros son de tapón roscado, en cuyo interior está sujeto un pequeño cañón que sirve para llenar el tiralíneas y las plumas de rotular.

El tintero debe permanecer cerrado siempre que sea posible, porque...

¡Las manchas no entran en el plan de un delineante! Y sucede que la posibilidad de volcar el tintero no se advierte hasta que ha sucedido la catástrofe. Para evitar en lo posible que el tintero *pierda el equilibrio* construya, de cartón u hojalata, el suplemento a la base que está representado al margen. Al aumentar la base de sustentación, la estabilidad del tintero es mucho mayor. También sirve un cuadro de madera en el que se haya practicado un agujero de las medidas de la base del tintero. Pero la mejor protección es siempre la que le he indicado primero: cerrar el tintero mientras no sea necesario tenerlo abierto.



EL PAPEL

Hay muchísimos tipos de papel. Usted, sin duda, habrá usado más de uno para sus menesteres de escolar. De barba, Canson, hilo, etc. Sin embargo, puede decirse que en el taller sólo se emplean dos tipos de papel: el de croquis, o generalmente llamado *papel amarillo*, y el papel para los trabajos a tinta, llamado *papel vegetal*. Los delineantes de la construcción tienen necesidad algunas veces de proyectar en perspectiva para dar al cliente una idea de conjunto de lo que va a ser la obra encomendada al arquitecto. En estos casos trabajan casi siempre sobre un papel de tipo Canson de grano fino... o un tipo similar que permita dibujar a lápiz obteniendo efectos artísticos (sombras, reflejos, etc.).

El papel de croquis y el papel vegetal se presentan en forma de rollos y pueden adquirirse por metros. Hablaremos más extensamente del papel vegetal cuando empecemos a trabajar con él. De momento basta que sepa que se trata de un papel transparente, satinado por lo menos por una de sus caras; que es un papel consistente muy apropiado para trabajar a tinta, por cuya razón es el que emplea el delineante calquista para obtener el plano definitivo

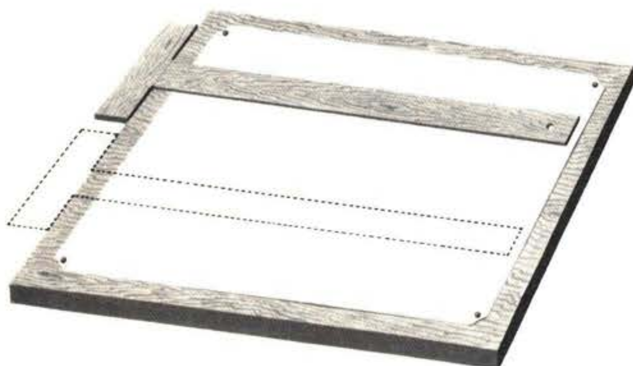
LA REGLA



Ahí tiene usted el primero y más usado de los instrumentos de dibujo: la regla como la que le enseño. Tiene uno de sus bordes graduados en milímetros, y recibe el nombre de *regla graduada.* Se construyen de madera, plástico o metal, de unos 5 cm de ancho y un grueso aproximado de 5 mm. El lado graduado tiene forma de cuña con el borde en la parte inferior, a fin de que las señales queden lo más cerca posible del papel.

Este tipo de regla, se construye con una longitud que oscila desde los 60 centímetros hasta un metro.





Una regla muy empleada es la llamada *regla de T*. Véala al margen: consiste en una regla vulgar a la que en uno de sus extremos se le ha añadido un travesaño perpendicular. Es un instrumento muy práctico para tener siempre a punto una horizontal sobre el plano y, naturalmente, para trazar horizontales paralelas.

Comprenderá rápidamente lo sencillo de su manejo si contempla la fotografía conjunta de regla de T y tablero de dibujo. El travesaño se apoya en el borde de la mesa (que considero es un rectángulo perfecto), y con la mano izquierda — si no es usted zurdo, en cuyo caso sería la derecha — se traslada la regla al nivel necesario con la seguridad de que la recta trazada con su ayuda corresponderá a la horizontal del plano. Lógicamente, todas las rectas trazadas con la regla T serán paralelas. ¿Está claro?

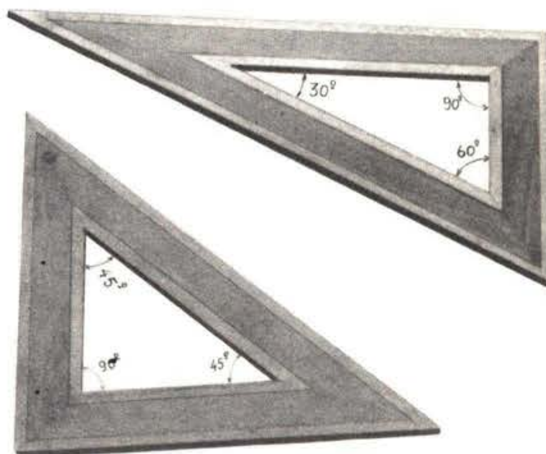
Una observación: desconfíe de las reglas demasiado económicas. Lo más corriente es que al cabo de pocos días, con el cambio de temperatura y de humedad, se conviertan en un tirabuzón.

EL DOBLE DECIMETRO



Cuando sea usted delineante tomará medidas muy a menudo; y lo que más empleará para ello será el doble decímetro. Como su nombre indica, es una pequeña regla graduada de dos decímetros de longitud, o sea, 20 cm. En vez del *doble*, muchas veces se emplea el triple decímetro, al que familiarmente llamamos el triple. Los dobles y triples de buena calidad llevan parte de su graduación en medios milímetros.

ESCUADRA Y CARTABON



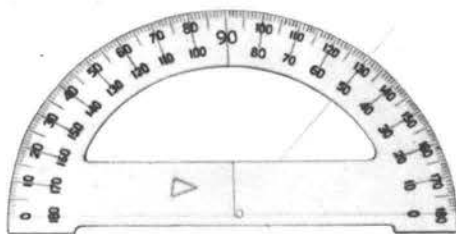
Dos nuevas piezas fundamentales en el arsenal del dibujante técnico. La escuadra es un triángulo de madera o de plástico (siempre mejor este último por ser transparente e indeformable) con dos lados iguales, cuyos ángulos valen 90° (ángulo recto) y 45° cada uno de los dos restantes.

El cartabón es también un triángulo rectángulo (que tiene un ángulo recto), pero con los tres lados distintos. Sus ángulos valen 90, 60 y 30 grados respectivamente.

Irá descubriendo su gran utilidad a medida que avancemos en los ejercicios prácticos del curso. Al tener ambos instrumentos un ángulo recto permiten con mucha facilidad el trazado de líneas verticales perpendiculares a una horizontal dada. Basta para ello hacer coincidir el lado más largo de la escuadra con esta horizontal y, apoyando el cartabón sobre la escuadra por uno de los lados que forman el ángulo recto, trazar la recta vertical deseada. Naturalmente, también está previsto el trazado de verticales paralelas. Puede decirse que la escuadra y el cartabón se usan casi siempre para trazar líneas paralelas. Vea al margen las posiciones más usuales de ambos instrumentos. Estos gráficos y las prácticas que irá haciendo le familiarizarán con tan importantes herramientas de trabajo.



EL TRANSPORTADOR DE ANGULOS



El centro 0 del transportador debe coincidir con el vértice del ángulo a medir.

Consiste en un semicírculo (y algunas veces en un círculo entero) graduado en grados sexagesimales. También los hay que miden grados centesimales. Sirven para medir ángulos.

Los transportadores o semicírculos se construyen normalmente de plástico o metal.

Su manejo y múltiples aplicaciones las estudiaremos en otra lección. Sepa de momento que el centro del círculo viene indicado por una señal (0), que debe coincidir con el vértice del ángulo a medir.



LA PLANTILLA DE CURVAS

Si cuando trabaje en un taller un compañero le dice: —¡Oye, préstame tu *loro*! —, no crea que le está tomando el pelo. Nada de eso: le pide esa cosa rara que tiene al lado.

Lo llamamos *loro*, porque realmente sus picos parecen el de uno de estos parlanchines pajarracos. Pero su nombre auténtico es el de *plantilla de curvas*. Se usa poco: sólo para dibujar alguna posible línea que no pueda trazarse a compás. Es cuestión de tantear hasta encontrar la curva adecuada.

LA CAJA DE COMPASES

Usted ha visto cajas de compases; quizás se ha maravillado delante de una de esas que parecen un verdadero arsenal de piezas de precisión. Sí, amigo: la caja de compases es algo que encandila a todo delineante, y junto a la escuadra y cartabón es pieza fundamental para el dibujo técnico. Sin compases, no hay precisión posible.

Hay muchas variedades de cajas de compases, desde las más simples a las más completas. Pero voy a decirle algo verdaderamente importante y que es tan cierto como el *dos y dos son cuatro:* Lo que interesa de una caja de compases, es su CALIDAD, no la cantidad de piezas que contiene. Valen infinitamente más un buen compás y un buen tiralíneas, que una caja con cuarenta cachivaches complicadísimos, relucientes y bien presentados pero de escasa calidad. ¡No se deje engañar!

En esta lección le explicaré los elementos que debe contener la que podríamos llamar *caja de compases tipo*. Entiendo por caja *tipo* la que contiene los elementos que permiten delinear todo lo que pueda presentarse en un plano. Estos elementos son:

a) El compás de piezas intercambiables.

b) El compás para circunferencias pequeñas.

c) El tiralíneas.

Vamos a describir cada una de estas piezas:

a) *El compás de piezas intercambiables.*

Vea una caja de compases completa y bajo ella el compás y piezas intercambiables que contiene. El compás sirve, primordialmente, para trazar circunferencias o arcos de circunferencia. Consta de una *cabeza* (1) en la que se articulan dos *patas* (2), una más larga que la otra, la primera de las cuales termina en una *punta* (J) acoplada por medio del tornillo (R). La *pata* corta tiene en su extremo una hendidura con un tornillo (T) en la que pueden acoplarse las piezas (3), (4), (5), según se trate de dibujar a lápiz, a tinta o de tomar medidas, respectivamente.

La pieza (3) no es más que un simple portaminas que, acoplado al compás, sirve para la delineación a lápiz de circunferencias y arcos de circunferencia. Desenroscando la caperuza (c), la mina queda libre, siendo sencillísimo su cambio.

La pieza (4) es la que permite el trazado de circunferencias a tinta. La forma de utilizarla es la misma que la de un tiralíneas, instrumento que estudiaremos acto seguido. Por lo tanto nada diremos de esta pieza (4), para no repetir dos veces la misma cosa.

La pieza (5) es la menos utilizada. Se trata simplemente de una punta con su correspondiente soporte que, una vez acoplada al compás, lo convierte en el llamado *compás de puntas,* que nos permite tomar medidas y transportarlas sobre el plano al lugar correspondiente.

Ahora dos observaciones importantes. ¡Ahí van!

1) Sea cual fuere la pieza acoplada al compás, cerrándolo completamente, el extremo de su punta debe coincidir exactamente con el extremo de la pieza que va a usarse. Antes de usar el compás, compruebe si cumple este requisito; en caso contrario, no está en perfectas condiciones. En estos casos es cuestión de rectificar la posición de la punta, aflojando un poco el tornillo que la sujeta (R). Repito que un compás nunca debe tener una pata más corta que la otra. No se admiten cojos.

2) No afile la punta del compás de lápiz como si se tratase de un lápiz normal. Como indica la figura inferior de esta página, debe afilarse a bisel, acoplando la pieza de manera que la arista venga a situarse en la parte interior del ángulo que forma el compás. Es la manera de conseguir la máxima precisión dibujando a lápiz.



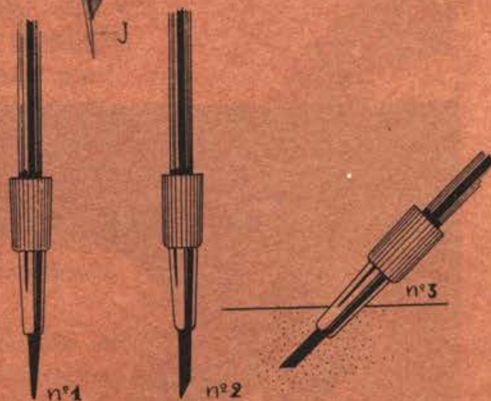




3.– Portaminas (dibujo a lápiz).

4.– Tiralíneas (dibujo a tinta).

5.– Punta para tomar medidas.



La mina 1 no es correcta. Lo es la 2, que está afilada a bisel, como se indica en 3.

b) *La bigotera.— La bailarina.*



Es un compás especialmente ideado para trazar circunferencias de pequeño diámetro. Véalo al margen. Es más pequeño que un compás normal y, a diferencia de éste, la mayor o menor abertura no se consigue separando las patas con las manos, sino accionando el tornillo central (N), mediante el cual se consigue una mayor precisión.

La bailarina es otro tipo de compás, ciertamente útil, pero no imprescindible. Muchas cajas de compases carecen de bailarina, y no es de extrañar que así sea. Se la llama bailarina porque puede levantar la pata que lleva el elemento gráfico sin necesidad de mover la pata que lleva la punta. Es útil, sobre todo, para trazar circunferencias de trazo no continuo.

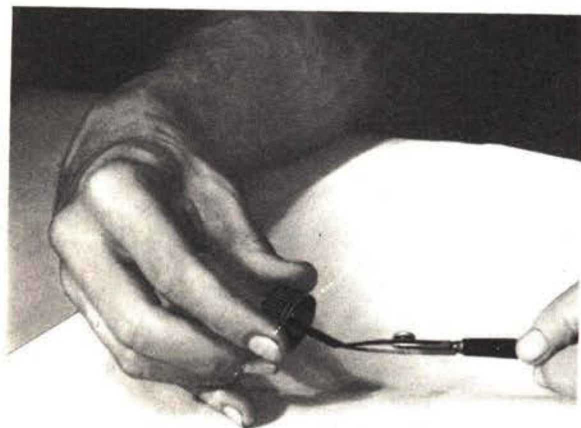


c) *El tiralíneas.*

Su mismo nombre expresa su función: *tirar* líneas. Claro que con una pluma corriente y con la ayuda de una regla también podemos trazar líneas rectas, pero las líneas así obtenidas no nos sirven. ¿Por qué?... Porque siempre resultan líneas irregulares. Al más ligero cambio en la presión ejercida sobre la pluma, el grueso de la línea experimenta también un cambio. Con el tiralíneas no sucede esto. Con el tiralíneas en buenas condiciones siempre se obtiene una línea continua, de grueso idéntico en toda su longitud. ¡Esto es lo que lo hace insustituíble para el delineante!

Un tiralíneas, en esencia, consta de dos láminas de acero templado acabadas en punta por uno de sus extremos y unidas por el otro, que se prolongan en un mango. La separación entre las dos láminas es la que determina el grueso de la línea, grueso que se puede graduar gracias al tornillo (M) que las atraviesa.

El tiralíneas es la verdadera *piedra filosofal* del dibujante técnico. Si sabe usted conservar el tiralíneas siempre en perfectas condiciones y sabe usarlo con maestría, sus dibujos se convertirán en oro puro. El tiralíneas debe ser el niño mimado de todo buen delineante. Apúntelo.



Instrucciones para llenar el tiralíneas.—Está advertido de la importancia del tiralíneas y ha intuído la necesidad de mimarlo con unos cuidados especiales, ¿verdad?... Pues bien; el primer cuidado que se debe al tiralíneas es alimentarlo convenientemente: llenarlo como se debe.

Recuerde que el tapón de los tinteros de tinta china lleva el cañón descrito al hablar de la tinta. Este cañón es el que permite el llenado correcto del tiralíneas. Vea en la foto el sistema de llenar un tiralíneas. Me parece que sobran palabras.

Si en vez de tintero usa usted un tubo, la operación será la misma que la descrita gráficamente: apoyará la abertura del tubo en la parte inferior del tiralíneas y mediante una ligera presión sobre la goma del tubo (que sustituye la caña del tintero) al mismo tiempo que se le desplaza de abajo hacia arriba, la tinta pasará a ocupar el espacio libre entre las dos láminas del tiralíneas. Le doy cuatro normas dictadas por la experiencia, con el ruego de que tome buena nota de ellas:

NO LLENE JAMÁS EL TIRALÍNEAS INTRODUCIÉNDOLO DIRECTAMENTE EN EL TINTERO.

NO LLENE JAMÁS EL TIRALÍNEAS SIN HABERLO LIMPIADO ANTES.

LLENE EL TIRALÍNEAS EMPEZANDO SIEMPRE POR LA PUNTA.

NO LLENE UN TIRALÍNEAS MÁS DE 8 O 10 MILÍMETROS.



¡NO! Borrón seguro.

Siguiendo estas instrucciones su tiralíneas funcionará regularmente durante años, tendrá la garantía de que no van a producirse manchas en sus dibujos y, cosa muy importante, economizará tiempo y mucha tinta. Es mejor llenarlo muchas veces que dejar que la tinta se endurezca en su interior.

Instrucciones para el manejo del tiralíneas. — Bien; ya sabemos cargar el tiralíneas. Y, ahora, ¿qué?... Ahora es cosa de saber trabajar con él. El manejo del tiralíneas no es complicado, pero tampoco es cosa que pueda hacerse de cualquier manera. Con las instrucciones siguientes y contando con su ayuda, que debe consistir en practicar mucho con este instrumento de dibujo, pretendo hacer de usted un experto en el manejo del tiralíneas. Siga al pie de la letra estas instrucciones, se lo ruego; no se aparte un ápice de ellas. ¿Lo hará como le pido?... Gracias.



¡BIEN! Siempre vertical.

Empecemos:

I) Antes de usar el tiralíneas, tenga la precaución de comprobar si está perfectamente limpio, tanto por su parte externa como por su parte interna. Si insisto de nuevo en la necesidad de mantener una rigurosa limpieza del tiralíneas, es señal de que este punto tiene verdadera importancia. Y, en efecto, así es. Si la parte externa está sucia... ¡borrón seguro! Si está sucia la parte interna, la tinta no saldrá con regularidad, y en vez de obtener una línea uniforme obtendrá algo muy parecido a un racimo de salchichas.

II) Antes de empezar a dibujar debe tener la precaución de comprobar en un papel aparte, de la misma calidad que el empleado para el plano, si el tiralíneas *responde*. Se trata de comprobar si la tinta fluye con regularidad y si el grueso de la línea es el conveniente. En caso contrario, regulará el grueso accionando el tornillo del tiralíneas hasta conseguir el tipo de línea que conviene a nuestros planes.



¡BIEN! Inclinado según la dirección de la línea.

III) El tiralíneas se sostiene entre los dedos índice, medio y pulgar de la mano derecha (si no es usted zurdo), mientras la mano izquierda sujeta la regla o escuadra que nos servirán de guía.

IV) El tiralíneas debe apoyarse por su parte posterior (opuesta al tornillo) en el borde de la regla. Pero, ¡cuidado! Aquí son necesarios unos consejos: La posición conveniente al tiralíneas respecto al papel, es la vertical, visto *de canto*, y con una ligera inclinación hacia el lado por el que debe avanzar la línea trazada si lo miramos desde un punto de vista frontal.

Podría decirle cuáles son las posiciones menos convenientes; pero no lo hago por la razón de que *no debe ni intentar cualquier otra posición distinta a la indicada como buena.* No conseguirá líneas uniformes y, lo que es peor, estará siempre expuesto al peligro del borrón, que viene a ser la peste del delineante.

V) Las rectas del plano se trazan desplazando el tiralíneas de izquierda a derecha, apoyándolo en la regla de la forma que queda indicada, dejando que se deslice sobre el papel, *sin necesidad de ejercer presión alguna sobre él.* Además, debe procurar que la velocidad de desplazamiento, así como la inclinación del tiralíneas en el sentido de la dirección de la línea, sean constantes. Presión, velocidad e inclinación, deben ser uniformes.

Si a lo largo de una recta varía usted la velocidad del desplazamiento, los segmentos trazados con menos velocidad resultarán más gruesos. Lo mismo ocurrirá en los fragmentos de recta que haya trazado con el tiralíneas más inclinado: línea más gruesa.

Y eso es todo lo que quería decirle sobre el manejo del tiralíneas. No me cansaré de pregonar la importancia que tiene para todo delineante el correcto manejo del tiralíneas. De él depende la pulcritud y gran parte de la exactitud de un plano. Como verá, los ejercicios prácticos de esta lección están basados casi exclusivamente en el trazado de rectas. He insistido para que así fuese convencido de la gran importancia que para usted tiene saber cuanto antes utilizar el tiralíneas con la misma despreocupación con que maneja el tenedor para sus comidas. Por su cuenta, ensucie mucho papel trazando líneas rectas, en todas las direcciones imaginables y con los gruesos más variados; es el mejor favor que puede hacerse usted mismo.

¡Ah! Se me olvidaba: ¡Nunca debe pasar el tiralíneas dos veces sobre una misma recta! Por poco que uno entienda de planos, notará por eso que se trata de la obra de un novato; y aunque usted lo sea, debe esforzarse por adoptar la apariencia de un veterano.

VI) Terminamos... insistiendo de nuevo sobre la limpieza (¡pero qué lata!, ¿verdad?). Perdone, pero debo decirle que una vez terminada la carga del tiralíneas no debe llenarlo de nuevo sin antes limpiarlo por dentro y por fuera. No se fíe nunca de que el tiralíneas se ha vaciado del todo; siempre queda algo de tinta. Si quiere convencerse, pase un trapo. Y, naturalmente, no debe guardar nunca un tiralíneas que no esté completamente limpio. Si no lo hace así, tiene tiralíneas por muy poco tiempo; se le oxidará y sólo será bueno para tirarlo al cabo de pocos meses. En cambio, un buen tiralíneas en manos de un hombre cuidadoso, sirve para toda la vida.

EL TECNIGRAFO

El tecnígrafo viene a ser algo así como el coche de los delineantes. Sin coche, también se va a todas partes; pero con él se va con mucha más comodidad. Con eso queda dicho que el tecnígrafo es un verdadero lujo. Sin embargo, es un lujo que se amortiza con relativa rapidez... por lo extraordinariamente práctico que resulta este aparato. Fíjese: con él se suprime la regla, la escuadra, el *triple* y el transportador de ángulos. ¿Qué más se puede desear?

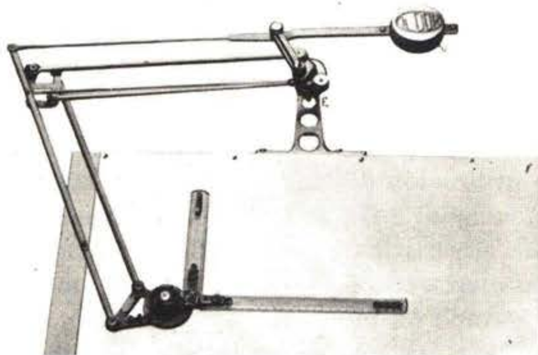
Esencialmente consiste en dos reglas graduadas, unidas por una pieza (P) que las mantiene perpendiculares entre sí. La graduación de las reglas está en milímetros por uno de sus bordes y en dobles milímetros por el otro, a fin de poder trabajar a escala doble (ya veremos más adelante lo que es una escala). Resulta, pues, que la regla A sirve para trazar horizontales, y la B para trazar verticales.

Además, la pieza P puede girar alrededor de un eje, con lo cual resulta factible el trazado de líneas inclinadas, además de las horizontales y verticales. Otra posibilidad: entre el botón de baquelita que acciona el eje del aparato y la pieza P se encuentra un círculo graduado. ¿Intuye usted la nueva posibilidad que este círculo graduado nos proporciona?... Al poder medir la inclinación de la regla del tecnígrafo, éste se convierte también en un práctico transportador de ángulos.



Vea ahora, en el gráfico inferior, el tecnígrafo situado sobre el tablero de dibujo. Dos paralelogramos de varilla metálica articulados entre sí y sujetos por su extremo E sobre la pieza de fundición unida al tablero F, permiten desplazar las reglas del tecnígrafo a cualquier lugar del tablero. La pieza G no es más que un contrapeso para contrarrestar el del conjunto del aparato.

Por poca imaginación que uno tenga, se comprende en seguida lo mucho que resulta el empleo del tecnígrafo. Es un ahorro de tiempo inestimable. Esta verdad la saben en todos los talleres de empresa, y es por eso que en todos ellos los delineantes trabajan con tecnígrafo.



Sí; el tecnígrafo es un instrumento de taller... que rara vez posee el delineante en su casa. ¿Me pregunta usted cuál es la causa de este desaguisado, verdad?... Sencillamente una: el elevado precio de este cacharro. Los que trabajamos como delineantes de empresas industriales o como delineantes de arquitectos o casas de construcción estamos muy familiarizados con el tecnígrafo; pero para los trabajos que hacemos en nuestro propio hogar (estos estupendos «sobresueldos» que tanto ayudan a sanear nuestra economía), no lo utilizamos por la sencilla razón de que su precio no compensa el ahorro de tiempo. Sin embargo, parece que dentro de poco será posible disponer de un práctico tecnígrafo de precio reducido. Es una buena noticia que puedo darle: En la Feria Internacional de Muestras de Barcelona de 1959 se presentó un tecnígrafo enteramente de material plástico expresamente ideado para trabajar en casa. Un sistema de ventosas permite fijarlo sobre cualquier tablero. Es de muy fácil montaje y, lo que es mejor, parece que su precio no será excesivo.

dibujo técnico



LA SUJECCION DEL PAPEL DE DIBUJO
DELINEACION DE PLANOS
CUIDADOS EN LA DELINEACION A TINTA
EL BORRADO
EL DIBUJO NORMALIZADO
LAS LINEAS EN EL DIBUJO TECNICO

Usted mismo debe exigirse la precisión en el dibujo, ya que no puede esperar que los demás le resuelvan el problema. De los demás sólo puede esperar las críticas de un examen concienzudo. ¿Vamos a tomarlo en consideración y a esforzarnos para evitar impresición en nuestro trabajo de Dibujante Técnico?...

Para ello vamos a darle una serie de instrucciones de primerísima importancia. Son instrucciones sobre cosas simples, pero que indudablemente deben tenerse siempre presente para trabajar con las máximas garantías de éxito.

Empezaremos con:

LA SUJECCION DEL PAPEL DE DIBUJO

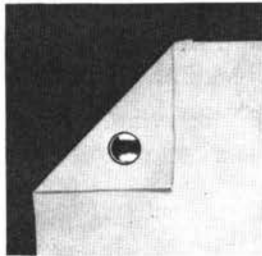
El dibujante técnico se encuentra ante la necesidad de diseñar planos de muy distintos tamaños y formatos, pero sea cuales-quiera las dimensiones de estos es obvio que se impone su sujección al tablero al fin de lograr una mayor seguridad y facilidad en el trabajo.

El procedimiento más conocido y también el más empleado es el de fijación por medio de chinches, operación que comunmente suele hacerse aprisionando el papel por sus cuatro extremos. Recomendamos para este menester la utilización de chinches de buen material (generalmente son de cabeza niquelada) a fin de que al hacer presión no se doblen por la punta. Debemos advertirle de que no siga la extendida práctica de clavar las chinchetas ejerciendo sólo presión sobre el tablero, sino que debe darlas al mismo tiempo un movimiento de rotación, es decir, como si se tratara de atornillarlas, ya que así se facilita su introducción en la madera.

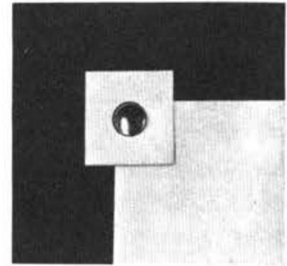
No fije tampoco las chinches procediendo correlativamente esquina por esquina, sino que debe hacerlo en cruz, o sea, que si por ejemplo fija primero la esquina superior izquierda, a continuación debe hacerlo con la esquina inferior derecha. En ocasiones es conveniente doblar las esquinas del papel, o mejor todavía colocar sobre ellas unos pequeños rectangulitos de cartón a fin de aumentar el espesor que es atravesado por la punta de la chinche consiguiendo más seguridad al peligro de rasgadura.

Otro procedimiento que está adquiriendo mucha aceptación por sus indudables ventajas es el de fijar el papel por medio de cinta adhesiva, la cual puede extenderse a través sobre las esquinas del papel o bien, si este tiene tendencia a levantarse o arrollarse, a todo lo largo de los bordes. Como el poder adherente de estas cintas se conserva casi intacto, pueden utilizarse las mismas tiras para varias operaciones.

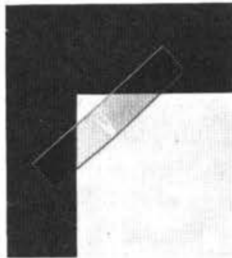
Tipo de sujección con chinches. La esquina de papel doblada como seguridad a la rasgadura.



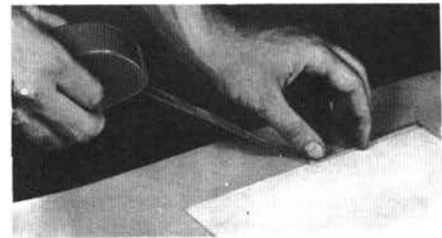
Tipo de sujección con chinches. La esquina del papel ha sido reforzada con un rectangulito de cartulina.



Sujección por medio de cinta adhesiva puesta a través.



Sujección por medio de cinta adhesiva a lo largo de los bordes de papel.



DELINEACION DE PLANOS - CUIDADOS EN LA DELINEACION A TINTA

Al hablar del lápiz como instrumento de dibujo hemos tratado sobre la conveniencia del empleo de uno u otro número según la clase de diseño de que se tratara. Le recordamos, sin embargo, que los dibujos a lápiz deben ser realizados con trazos finos y precisos, ya que la exactitud es una de las normas más esenciales que debe cuidar el delineante.

Veamos ahora las normas a tener en cuenta en la delineación a tinta:

a) Debe utilizarse siempre tinta china y que sea de calidad, de un color negro intenso, lo que garantiza su rápido secado y ser indeleble, esto es, que permanece visible y muy difícil de borrar, haciendo posible buenas reproducciones gráficas. Cuando por causa del tiempo transcurrido la tinta china se ha espesado, puede dársele mayor fluidez añadiéndole un poco de agua destilada. También es aconsejable este procedimiento para trazar líneas o sombras que requieran una tonalidad menos intensa.

b) El trazado de líneas verticales y horizontales en un dibujo debe hacerse ordenadamente, es decir, correlativamente primero las de un tipo y luego las de otro. De esta forma se da tiempo a que la tinta de las anteriormente trazadas se vaya secando antes de que podamos apoyar sobre ellas la escuadra o cartabón o cualquier otro instrumento de trabajo.

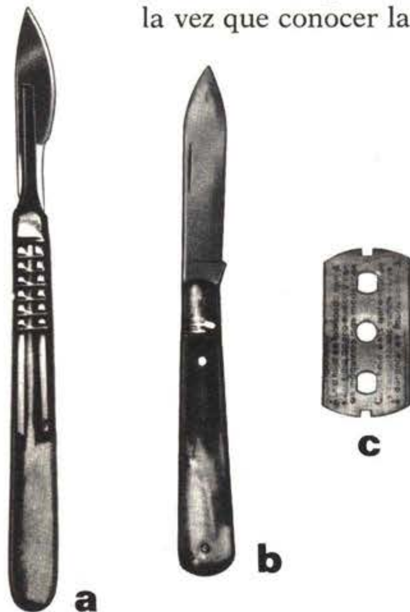
c) Debe procurarse en lo posible no tocar el papel de dibujo con manos y dedos humedecidos o sudorosos pues la grasa que desprende se adhiere sobre el mismo y al pasar el tiralíneas o compás la tinta es en parte escupida quedando el trazo o línea perceptible e incluso corrida que desmerece grandemente del dibujo.

d) Por el motivo anteriormente apuntado, antes de pasar un dibujo a tinta, ya sea directamente sobre el mismo papel o ya sea en calco sobre papel vegetal, es aconsejable espolvorear éste con polvo talco y retirándolos luego con un trapo limpio.

e) Al trabajar con papel vegetal procure que la cara elegida para el dibujo sea la más fina al contacto.

EL BORRADO

El saber borrar es una labor mucho más importante de lo que a primera vista parece. Requiere ante todo poner un cuidado extremado a la vez que conocer la forma de hacer. El resto lo hará la práctica.



a) raspador b) cortaplumas
c) hoja de afeitar.

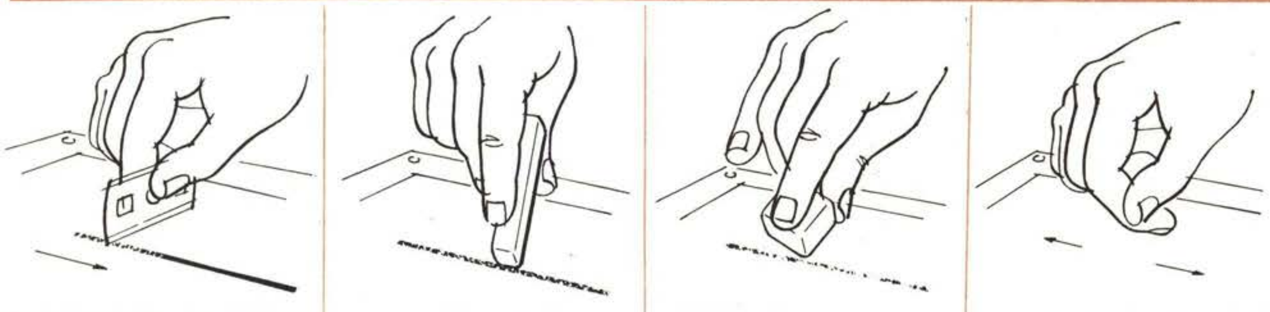
El raspador, el cortaplumas y la vulgar hoja de afeitar constituyen elementos idóneos para proceder al borrado de la tinta, borrado que será después completado por medio de una goma dura y otra blanda. Veamos a continuación como debe procederse:

1) Raspar la zona a borrar siguiendo el sentido del trazo, nunca perpendicular a éste.

2) Establecer contacto entre el instrumento raspador y el papel sólo en un sentido, de ida o de vuelta, nunca en los dos.

3) Proceder con paciencia y leve presión al objeto de no rayar el papel, ya que de lo que se trata es de hacer saltar la tinta y no deteriorar aquél.

4) Los últimos vestigios de tinta se eliminarán pasando una goma dura y, como final, suavemente, una goma blanda, cuya misión es alisar la superficie del papel. Un ligero toque con la uña contribuye a este menester.

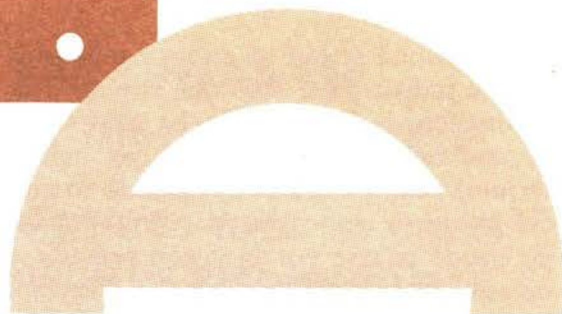


El instrumento raspador se pasa en un solo sentido siguiendo la dirección de la línea a borrar.

Con una goma dura se elimina los últimos vestigios de tinta.

Por medio de una goma blanda se alisa la superficie del papel.

La uña termina satisfactoriamente la operación.



EL DIBUJO NORMALIZADO

NORMAS - LAS VENTAJAS DE LA NORMALIZACION

En términos generales, decimos que una cosa o un suceso es normal, cuando su reiterada aparición o consideración, llegan a darle carta de familiaridad. Así, por ejemplo, es normal que las sillas tengan cuatro patas, siendo anormal la aparición al mercado de una silla con solo tres... aunque de forma esporádica aparezca un modelo con esta característica. La normalidad no excluye el caso contrario, pero lo anormal nunca puede considerarse cuando se trata de juzgar la utilidad o inutilidad de un producto.

Cuando la industria no pasaba de ser una actividad artesana, los productos llevaban el sello de la personalidad de su fabricante, quien de manera particular determinaba aquellas características que según su parecer eran las más convenientes para la función a que iba destinado el producto.

La normalización, como rama de la técnica, aparece precisamente cuando la intensificación de las relaciones humanas hace insostenible el criterio unilateral en el control de los productos de primera necesidad.

Antes de la aparición del sistema métrico, por ejemplo, es cosa sabida que cada nación y dentro de ella cada provincia y aún dentro de la provincia cada comarca, tenía sus propias unidades de medida. El caos que ello producía es fácilmente presumible. El establecimiento de unas unidades internacionales es un claro ejemplo de labor normalizadora.

Actualmente la normalización es algo de primerísima importancia en todas las ramas de la industria, puesto que el volumen de la demanda impone una reducción en el número de tipos de un mismo producto, siendo la labor de las comisiones normalizadoras la de establecer aquellos tipos del producto que la experiencia ha demostrado son de mayor aplicación. Esta consideración, lleva implícita la afirmación de que todos aquellos objetos de uso corriente son susceptibles de ser normalizados en sus medidas y características funcionales. Ello supone una reducción de tipos y un aumento de la producción.

La posibilidad de la fabricación en serie, es un resultado directo de la normalización, que haciendo posible lo primero ha motivado la reducción del precio de coste de los productos normalizados.

Cuando se empezó a hablar en serio de la necesidad de normalizar los productos de uso corriente, se hizo sentir la voz de aquellos que decían que tal normalización llevaría consigo una total monotonía de modelos, cosa completamente errónea, por cuanto la normalización, en épocas normales, sólo afecta a aquellas partes susceptibles de ser aplicadas a otros productos similares y que pueden catalogarse dentio de la familia de los recambios, dejando en todo lo demás absoluta libertad al fabricante. Así, por ejemplo, aunque en determinado modelo de aparato electrodoméstico, figuren muchas piezas normalizadas (tornillos, engranajes, bieles, etc.), es indiscutible la personalidad que puede adquirir el modelo, distinguiéndole de los demás de su mismo género.

Se ha demostrado también que era infundado el temor de que la normalización, al permitir un mayor volumen de producción ayudándose de la moderna ciencia de la organización científica del trabajo, provocase un aumento masivo de la producción y con él un paro del trabajo, con todas sus consecuencias sociales. La experiencia ha demostrado todo lo contrario; siempre que una industria ha normalizado sus productos, aumentando con ello la producción y reduciendo los precios como lógica consecuencia, esta industria ha prosperado y ha tenido necesidad de mayor número de productores.

La normalización no alcanza sólo a los productos industriales, sino que debido a la normalización de los mismos, ha sido forzosa la normalización de todas aquellas actividades técnicas relacionadas con la puesta en máquina del producto apetecido. Así, el dibujo técnico, no puede regirse por la visión práctica de un determinado proyectista, sino que la ineludible necesidad de que un plano resulte inteligible para todo el personal que debe intervenir en la fabricación del objeto proyectado, es ya un primer factor que fuerza a una sistematización del dibujo. Supongamos que tal producto requiere la intervención de distintas fábricas; en este caso, los planos deberán ser inteligibles para todos los técnicos de todas las empresas que intervengan en el proceso de producción. Pasando al plano internacional, se nos hace evidente que la normalización del dibujo técnico debe alcanzar a todos aquellos países que tienen una intensa relación comercial.

Cada país tiene su correspondiente órgano oficial de normalización, en donde se establecen las características que deben tener todos los productos industriales de uso corriente. Así, en España, han surgido las normas U.N.E. (una norma española), en Italia las U.N.I. (una norma italiana), etc.

Las normas europeas más conocidas y aceptada, son las normas DIN, alemanas, cuya publicación ha sido uno de los más grandes beneficios que ha recibido la humanidad. Las siglas DIN significan Deutsche Industrialische Normen, o sea, *normas industriales alemanas*. Más recientemente, a estas siglas se les ha dado un significado más amplio, por cuanto la normalización no se ha parado sólo en los menesteres industriales, diciendo que deben traducirse por Das ist Norm; *eso es norma*, en su traducción española.

Las normas DIN cubren prácticamente todas las necesidades actuales y futuras de la normalización y su gran sentido práctico ha hecho que sean aceptadas por la totalidad de países europeos y que sean conocidas de todos los países del mundo.

Las normas DIN son las que emplearemos en nuestro Curso por considerar que con su conocimiento se cubren todas las necesidades previsibles y por suponer también que su gran difusión hace que deban considerarse las de máximo valor internacional.

Todas las agrupaciones nacionales de normalización están agrupadas en la llamada Federación de las Asociaciones Nacionales de Normalización (I.S.A.) dirigida por un consejo que se renueva cada cinco años.

La normalización, alcanzó su mayor popularidad como consecuencia de las necesidades derivadas de la postguerra. La urgencia con que debió reconstruirse y la necesidad de dotar a las nuevas industrias surgidas de las ruinas de las derruidas, del materail más moderno, hicieron que la normalización se aplicase de forma masiva.

Por otra parte, la fijación de precios para evitar la inflación y la racionalización de la industria para aumentar la productividad, demostraron que el mundo actual en sus manifestaciones industriales necesita de la aplicación de las normas para subsistir y mantenerse con el nivel de vida que requieren nuestras generaciones.



LAS LINEAS EN EL DIBUJO TECNICO

DISTINTOS TIPOS DE LINEAS GRUESOS RECOMENDABLES SEGUN EL TAMAÑO DEL PLANO

Hasta aquí, hemos hablado de las piezas fundamentales del dibujo técnico. Ha conocido las herramientas que empleará usted cada día para cumplir con su trabajo. Justo es que empecemos a ver qué es lo que puede hacerse con estas herramientas: lo que con ellas podemos hacer son líneas. ¡Ya ve qué cosa más sencilla!

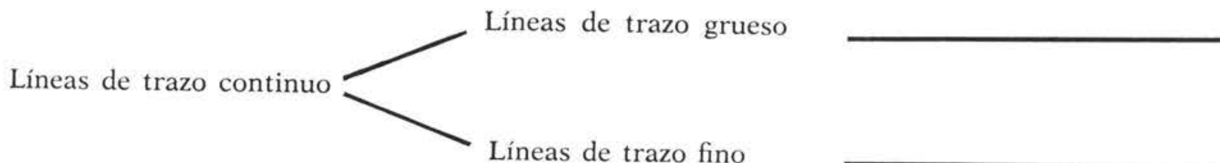
Sin embargo, no todas las líneas son reglamentarias en el dibujo técnico, porque *nuestras líneas deben explicar el plano.* Para un individuo cualquiera, sin idea del dibujo técnico, un plano viene a ser algo así como un dibujo cubista: no ve en él más que líneas que se entrecruzan, pero sin sentido alguno. Líneas gruesas, líneas delgaduchas, círculos, trazos, etcétera. Un verdadero galimatías.

Usted, en cambio, después de estas lecciones, verá en un plano algo mucho más importante. Verá no sólo las líneas y puntos, sino piezas, ejes, piezas cortadas, medidas e incluso las partes interiores de las piezas del plano: sus taladros, sus partes roscadas... todo ello porque sabrá qué es lo que representa cada línea y cada punto del plano.

El dibujante técnico utiliza tres tipos de líneas fundamentales. Estos tipos son:

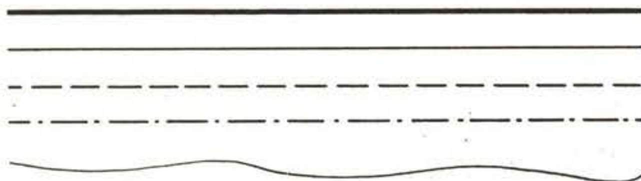
1) Líneas de trazo continuo.
2) Líneas de trazos.
3) Líneas de trazo y punto.

Estas son las tres clases de línea que permiten la planificación. Pero el primer tipo, se subdivide a su vez en dos:



Existe, finalmente, la línea *a mano alzada,* que es aquella que se traza sin ayuda de ningún instrumento; a pulso y con plumilla. No es un tipo fundamental, pero en la mayoría de los planos debe emplearse.

Bien; tenemos ya la primera piedra para construir un plano: sabemos qué tipos de líneas podemos emplear. ¿Hagamos un resumen?... Véalo:



Línea de trazo continuo grueso
Línea de trazo continuo fino
Línea de trazos
Línea de trazos y punto
Línea a mano alzada

Expliquemos ahora en qué circunstancias se emplea cada uno de estos tipos de líneas. Pero haremos esta explicación a través de un plano, por dos razones: la primera, porque será un sistema de comprensión directa; la segunda, porque es muy conveniente que desde un principio empecemos a *leer* planos. Será ésta su primera lectura y lógicamente habrá algunas cosas que no comprenderá. ¡No se preocupe!

No se trata de que tenga una idea completa de lo que este plano representa. Tanto es así, que ni siquiera voy a decirle qué es lo representado. Lo único que interesa es que vea en él cada uno de los tipos de líneas descrito; que aprecie sus diferentes gruesos y la fidelidad con que se han trazado.

Adelante. Vea el...

Línea continua gruesa para limitar la pieza en sus partes visibles según la vista indicada por la flecha.

EJEMPLO PRACTICO N.° 1

Como puede ver, se trata de un plano en el cual se han enumerado sus distintas líneas para que pueda usted comprobar de una manera práctica la utilidad de cada uno de los tipos empleados. Sígame, por favor:

1) *Líneas de trazo continuo grueso*

Se utilizan para representar lo que podríamos llamar el *resultado final* del plano, en sus partes visibles. Conviene que en un plano la pieza fundamental destaque de todo lo demás; entendiendo por pieza fundamental aquella para la que se hace el plano.

También se emplean las líneas de trazo continuo grueso para construir el recuadro de la lámina.

Son líneas de este tipo las 1, 2 y 3 y similares, que dan lugar a la forma de la pieza.

El grueso correcto de estas líneas oscila entre los 0'3 mm y 1'2 mm. Lo más recomendable es un espesor de 1 mm para planos de tamaño normal... y también para los de gran tamaño. Las líneas demasiado gruesas hacen que el plano pierda claridad. Para los formatos pequeños 0'6 mm de grueso es lo más recomendable.

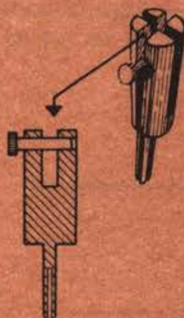
2) *Líneas de trazo continuo fino*

Son de mucha aplicación. Siga con el plano a la vista y veamos para qué se usan:

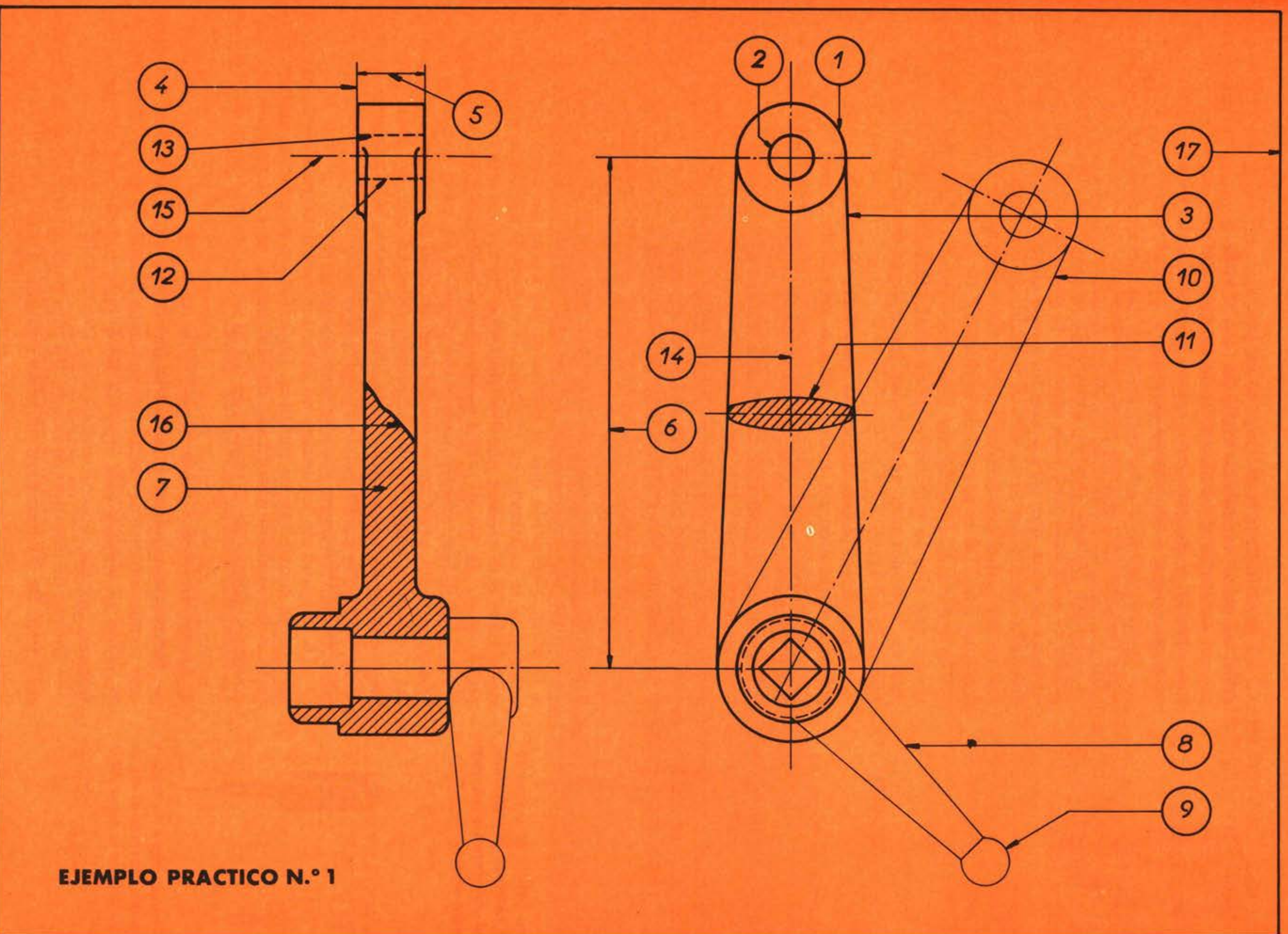
a) Para indicar las líneas de cotas (aquellas que indican las medidas de lo dibujado). Es el caso de las líneas números 4, 5 y 6. Vea que son líneas que no forman parte de la pieza dibujada, pero que son imprescindibles por cuanto nos indican la medida entre dos puntos distintos de la pieza fundamental.

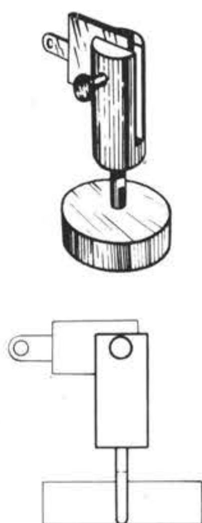
b) Para el rayado de las partes *cortadas* de la pieza. Tal es el caso de las líneas n.° 7.

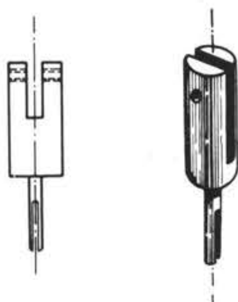
¿Me va siguiendo?... Si se ha perdido, no le moleste empezar de nuevo.



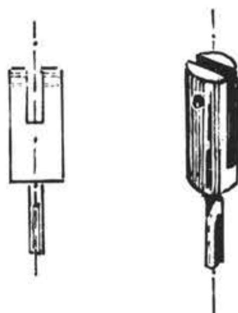
Línea continua fina para indicar las partes cortadas.


4
5
13
15
12
16
7
2
1
17
3
10
11
14
6
8
9
EJEMPLO PRACTICO N.° 1





Indicación de piezas no fundamentales con trazo contínuo fino.



Con líneas de trazos se ha indicado la continuidad del tornillo en sus partes ocultas.

Con una línea de trazo y punto situamos el eje de simetría de la pieza dibujada.

c) Para indicar contornos de piezas que, aun no siendo fundamentales, conviene representar para dar una idea de la posición de la fundamental en el conjunto de que forma parte. No siempre deben representarse piezas accesorias en el plano; pero cuando se hace conveniente se emplean para ello líneas de trazo continuo fino.

Respondiendo a esta aplicación de las líneas de trazo fino, encontrará las señaladas con los números 8 y 9.

d) Para indicar nuevas posiciones de la pieza fundamental. Casi nunca es suficiente una sola vista de la pieza dibujada. En estos casos se toma la vista que ofrece una idea más clara de la forma de la pieza dibujada como pieza fundamental y se dibuja con trazo continuò grueso. Las demás vistas que puedan parecer convenientes se dibujan con trazo continuo fino. Tal es el caso de la línea n.º 10.

e) Para indicar secciones rebatidas sobre el plano del cuadro. Pasemos por alto lo que representan estas secciones, cosa que estudiaremos en lecciones más adelantadas; pero digamos que una línea de este tipo es la n.º 11.

Estas líneas deben dibujarse muy finas. La norma general es la siguiente: Utilizando un trazo continuo grueso de 1 mm los contornos de sección serán de 0'2 mm. Si se emplea el espesor de 0'6 mm para el trazo continuo grueso, será de 0'1 mm.

Estamos llegando al final de esta lectura de un plano. ¡Animos, que falta poco!

3) *Líneas de trazos*

Se utilizan para representar formas y líneas ocultas. Se entiende por línea oculta aquella que en la realidad resulta invisible según la posición de la pieza dibujada. En nuestro caso, son líneas ocultas las 12 y 13. Indican la existencia de un orificio que atraviesa la cabeza inferior de la pieza dibujada, orificio que resulta invisible por la posición dada a la pieza. ¿Recuerda que al hablar de las líneas de trazo fino continuo señalamos la existencia en el plano de otra posición de la pieza dibujada?... Es la que queda a nuestra izquierda, ¿la ve? En ella tiene el orificio citado visto de frente. ¿Interpreta ahora la utilidad de las líneas de trazo para indicar partes ocultas del plano?... En caso contrario, quede tranquilo. Está prevista la posibilidad de que no entienda algunas de las cosas que ahora estoy diciéndole. Observe que no hago más que explicarle lo que representa cada línea del plano. Más adelante ya veremos el porqué, el cómo y el cuándo. Entonces todo le parecerá de una claridad diáfana.

La longitud de los trazos no debe ser excesivamente corta para evitar que se conviertan en puntitos. En cuanto a su grueso, procure ajustarlo a las siguientes normas: de 0'5 mm si se ha empleado un trazo continuo grueso de 1 mm y de 0'3 si se ha empleado el de 0'6 mm.

4) *Líneas de trazo y punto*

Sirven para indicar la simetría (n.º 14) de aquellas partes del plano que siendo simétricas requieren sea determinada la posición de su eje. También se emplea este tipo de línea para indicar centros de circunferencia (n.º 15).

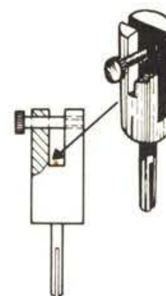
Grueso de este tipo de líneas: 0'3 mm para un trazo continuo grueso de 1 mm. De 0'1 mm para un trazo continuo grueso de 0'6 mm.

5) *Líneas a mano alzada*

Las empleará para señalar los *cortes* de las piezas. Muchas veces es necesario enseñar el interior de una pieza, hacer que se le vean *las tripas*. En tales casos se efectúa un corte; uno se imagina la pieza *rota* por la parte cuyo interior nos interesa mostrar. Tal es el caso de la parte superior de la pieza dibujada en nuestro plano (vista de la derecha), en la que gracias al corte efectuado vemos la sección que indica el rayado n.º 7 del que ya hemos hablado. El límite de este corte viene indicado por la línea n.º 16, llamada precisamente *línea de rotura*, que está trazada a mano alzada.

El grosor de estas líneas se deja *a gusto del consumidor*; aunque si quiere creerme no la hará nunca más gruesa que las líneas de trazo continuo grueso.

Ahora, y en forma de tabla, hagamos un resumen de todo lo dicho sobre los tipos de líneas empleadas por el delineante:



Línea de rotura. Con una línea a mano alzada indicamos por donde empieza el corte practicado en la pieza.

RESUMEN

Tipo línea	Espesor planos normales	Espesor planos pequeños	Aplicación
———————	1 mm	0'6 mm	*Contorno pieza principal. Recuadro.*
———————	0'2 mm	0'1 mm	*Cotas. Rayados. Contornos piezas secundarias. Posiciones pieza principal. Secciones.*
- - - - - - - -	0'5 mm	0'3 mm	*Líneas ocultas.*
—·—·—·—	0'3 mm	0'1 mm	*Ejes. Centros.*
∼∼∼∼	——	——	*Líneas de rotura. Cortes.*

No quiero terminar sin decirle algo que quizá le tranquilice. Seguramente que, al leer los gruesos *de reglamento* de cada uno de los tipos de líneas, habrá pensado que resulta prácticamente imposible ajustar el tiralíneas para que la línea que nos dé tenga exactamente los gruesos señalados. Sin embargo, existen tiralíneas con el tornillo graduado en décimas de milímetro, con los que la precisión puede ser absoluta. Claro que lo más probable es que carezca usted de este tipo de tiralíneas...

¿Qué hacer?... Simplemente trabajar con aproximación. En realidad, las normas dadas no pasan de ser eso: normas.

Lo que usted debe hacer cuando trabaje es pensar: *las líneas de trazo grueso sé que no deben exceder de un espesor de un milímetro...* y hacerlas menos gruesas, o de un milímetro como máximo. Conseguir eso no es nada difícil; es sólo cuestión de poner un poco de atención al comprobar el espesor de línea que nos da el tiralíneas cuando lo probamos en el papel *sucio* de que hemos hablado.

Hágase la misma reflexión para los demás tipos de líneas: sus planos serán correctísimos sin necesidad de ajustarse de manera matemática a las medidas anteriormente indicadas.

¿Está ahora más tranquilo?...

PRACTICAS 1

MANEJO DE ESCUADRA Y CARTABON

ENUNCIADO DEL EJERCICIO N.° 1

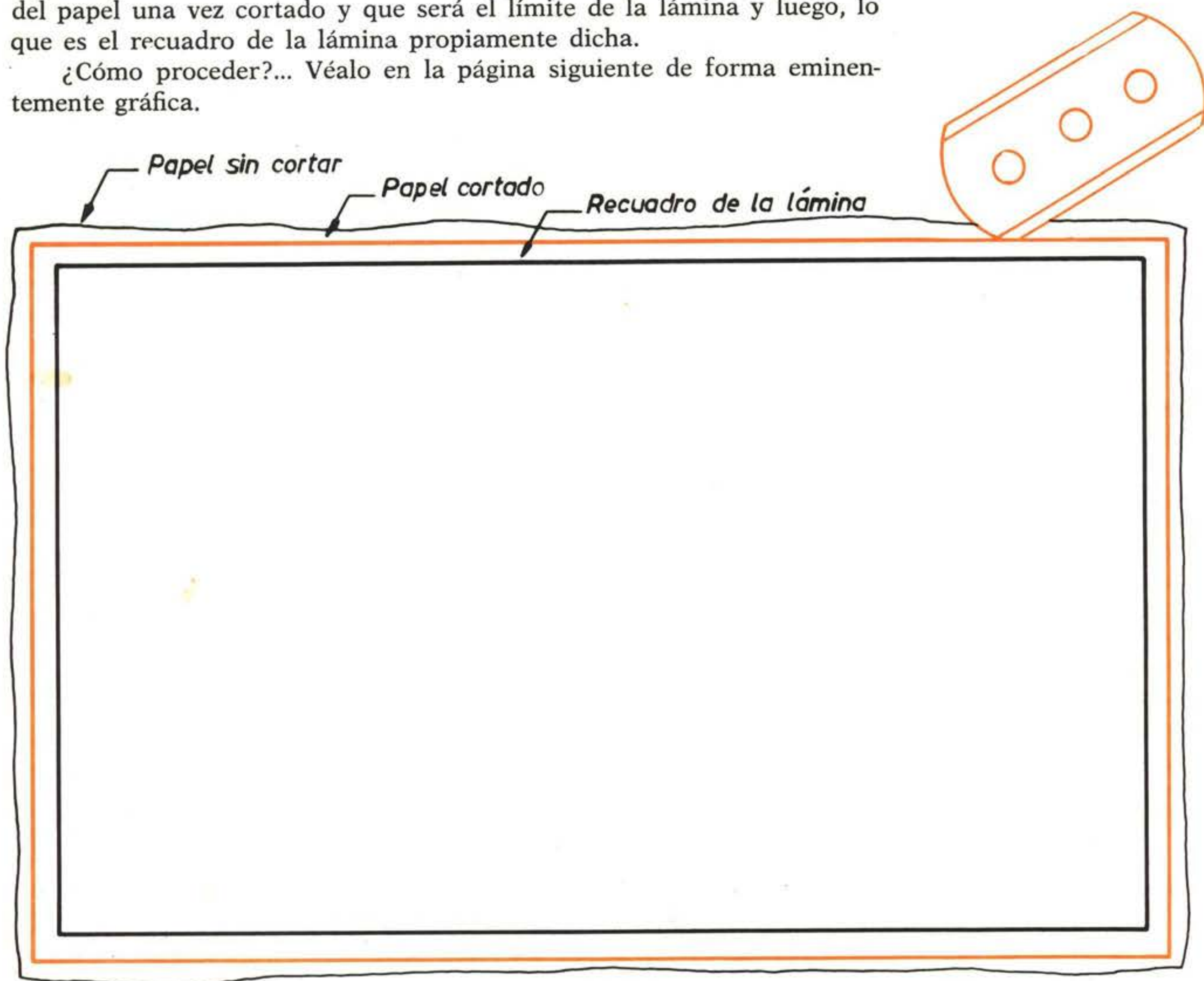
CORTAR Y RECUADRAR LA LÁMINA DEL DIBUJO.

El papel de dibujo no siempre se presenta perfectamente cortado y menos aún cortado a la medida que requiere el plano a dibujar. Esta circunstancia obliga a un trabajo previo de preparación de la lámina que, como todo lo que hace referencia al dibujo técnico, debe hacerse con una cierta precisión.

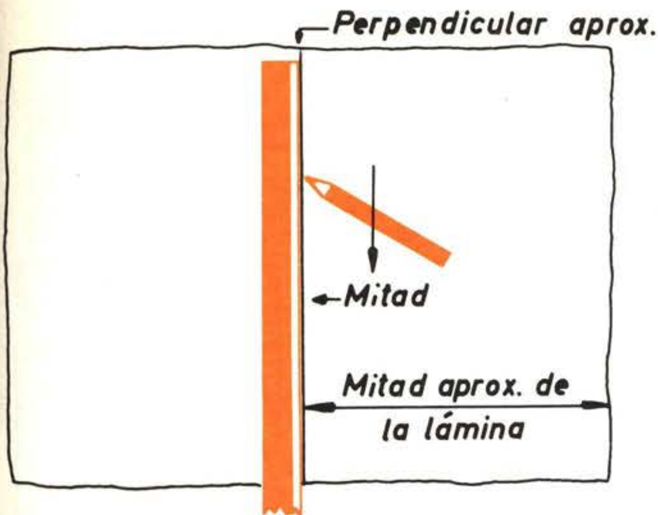
Nuestro primer tema práctico consistirá en efectuar el ejercicio necesario para cortar y recuadrar perfectamente el papel donde vamos a dibujar.

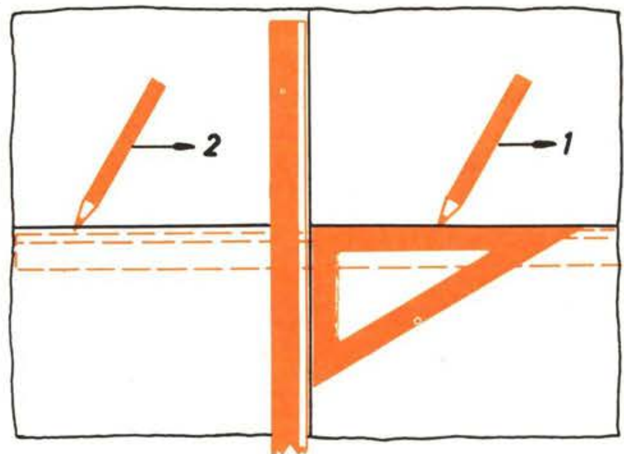
El gráfico de esta página demuestra que en el papel debemos considerar tres límites: El del papel sin cortar (digamos papel en bruto), el del papel una vez cortado y que será el límite de la lámina y luego, lo que es el recuadro de la lámina propiamente dicha.

¿Cómo proceder?... Véalo en la página siguiente de forma eminentemente gráfica.



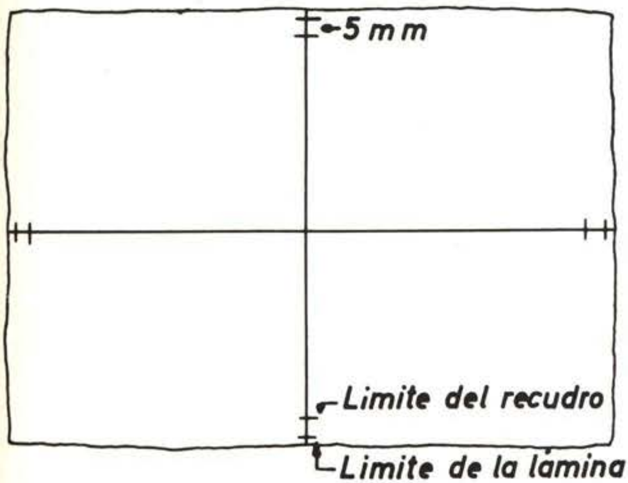
FORMA DE PROCEDER

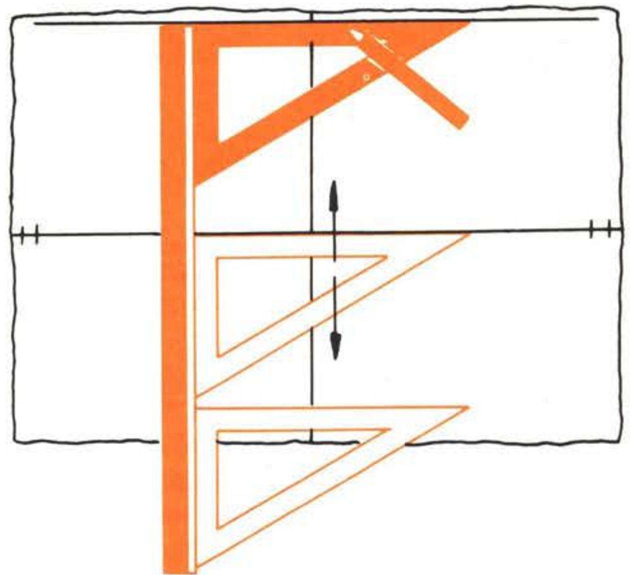


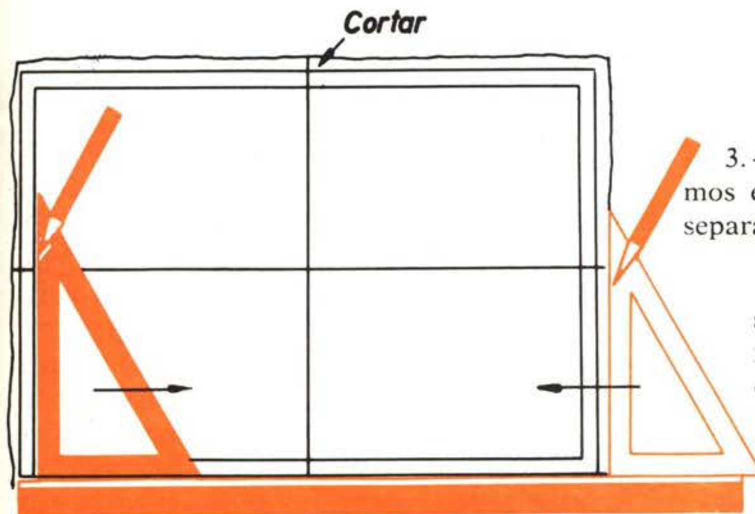


1. — Trazamos una vertical aproximada en la mitad también aproximada del papel. Señalamos su mitad.

2. — Con la ayuda del cartabón trazamos una horizontal que pasa por el punto medio de la línea perpendicular.







3. — Sobre las dos líneas trazadas señalamos el límite del recuadro y el de la lámina separados por unos cinco milímetros.

4 y 5. — Con la ayuda del cartabón y según demuestran ambos gráficos trazamos los dos recuadros. De ellos, el más exterior, nos señala la línea por donde debemos cortar el papel sobrante.

EJERCICIO N.° 2. - TRAZADO DE LINEAS NORMALIZADAS

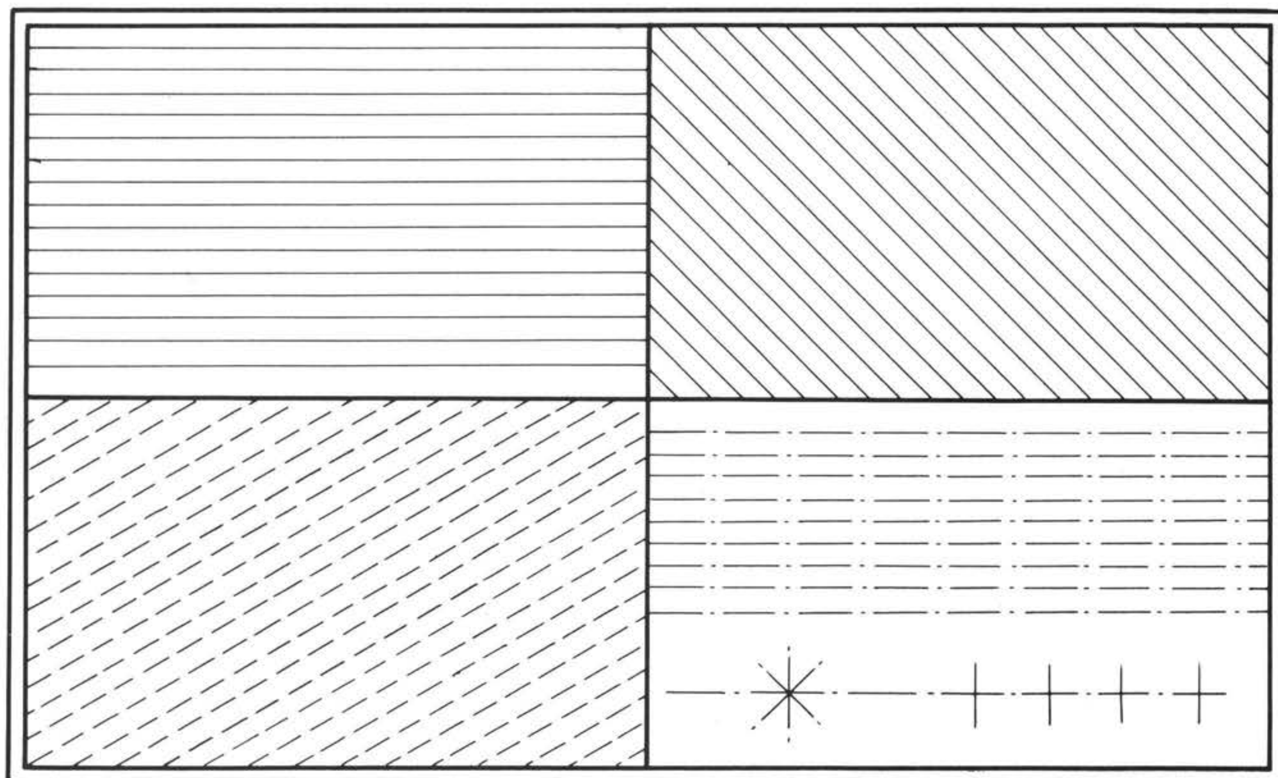
En una lámina previamente recuadrada y dividida en cuatro partes iguales, efectuar el siguiente ejercicio a lápiz: Con línea contínua fina llenar la primera división hecha en la lámina con trazos horizontales procurando que mantengan una separación constante, sin necesidad de señalar previamente esta separación; ojo, como se dice. Las demás divisiones y también con trazo fino, llenarlas respectivamente de: trazos continuos inclinados a 45°, líneas de trazo discontinuo inclinados a 30° y finalmente, la última división con líneas de trazo y punto señalando ejes y centros.

MAL

BIEN

MAL

BIEN



Antes de ver la forma de proceder, convienen algunas observaciones que ilustramos con gráficos marginales:

Las líneas de trazo, deben ser regulares. Que no parezcan trazos demasiado cortos, en comparación de otros demasiado largos.

La separación entre los trazados de una misma línea debe ser constante.

La longitud de los trazos, nunca debe ser tan pequeña que lleguen a parecer puntos.

En cuanto a las líneas de trazo y punto, tenga en cuenta lo que sigue:

Que los trazos deben ser, dentro de una misma línea, siempre iguales.

MAL

BIEN

MAL

BIEN

MAL

BIEN

Que los puntos intercalados entre trazo y trazo, deben ser verdaderamente puntos no trazados más cortos.

Cuando se trate de señalar un centro, debe procurarse que el punto que tratamos de situar venga con la intersección de dos trazos, no por un punto. Recuerde que el punto, geométrico viene definido por la intersección de dos rectas.

FORMA DE PROCEDER

Para solucionar la primera parte de este ejercicio situaremos la regla paralela al borde vertical de la lámina y colocando el cartabón en contacto con ella por su lado más corto, lo desplazaremos de arriba hacia abajo, trazando una línea en cada uno de los desplazamientos.

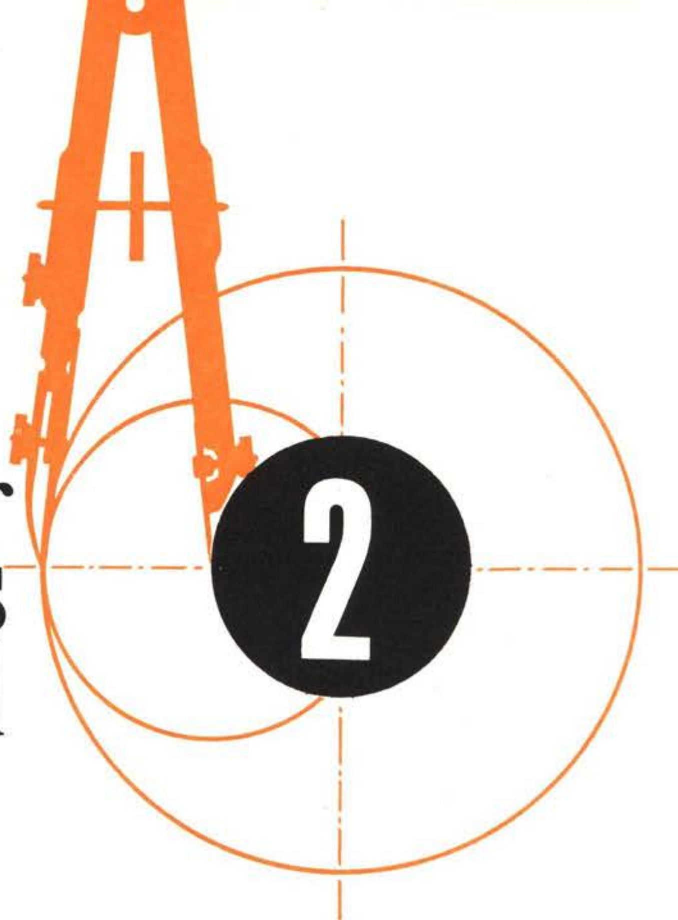
Las líneas trazadas serán paralelas y siendo perpendiculares a la vertical de la lámina, forzosamente resultarán horizontales respecto a la posición apaisada de la misma.

Para conseguir las paralelas inclinadas a 45°, tomaremos la escuadra (que tienen un ángulo de 45°) y situándola conforme indica el gráfico, deslizándose por el borde de la regla situada en posición horizontal iremos trazando línea tras línea previo un desplazamiento de izquierda a derecha.

Para conseguir las inclinadas a 30°, operaremos exactamente igual, pero sustituyendo la escuadra por el cartabón, puesto que este instrumento presenta su lado mayor con una inclinación de 30° respecto al lado que le sigue en longitud. Observe cuál debe ser la posición del cartabón sobre la regla para que la inclinación de las líneas de trazo sea precisamente la deseada.

Queda por solucionar la parte de lámina con líneas de trazo y punto. Observará, que hemos señalado unas verticales en color. Estas líneas puede trazarlas para tener una referencia de la longitud de líneas y, de momento, le permitimos esta pequeña trampa. Vea que cada vertical señala la posición aproximada del punto y que centrado entre dos de estas verticales queda el trazo de la línea compuesta de trazos y puntos

Proyectar es fácil





AFHA

DIBUJO TECNICO

Lección 2
GEOMETRIA
Suma y resta de ángulos
La circunferencia y sus elementos

Lección 1
DIBUJO GEOMETRICO
Trazado y medición de ángulos

Lección 2
DIBUJO TECNICO
Las vistas
Ejecución de planos: proceso de realización

Lección 2
MATERIAL DE DIBUJO

Lección 1
FISICA
Medidas: unidades de longitud

Lección 2
PRACTICAS

geometría 2

SUMA Y RESTA DE ANGULOS
LA CIRCUNFERENCIA Y SUS ELEMENTOS

COMO SE SUMAN ANGULOS

Dados dos ángulos, al sumarlos, pueden suceder tres casos:

Primer caso. Los dos ángulos tienen un número exacto de grados. En tal caso basta sumar los dos valores dados.

Ejemplo: sumar 34° y 124°.

Solución: $34 + 124 = 158°$

Segundo caso. Uno de los dos ángulos no tiene un número exacto de grados. Basta entonces sumar los grados de ambos ángulos; el ángulo resultante tendrá tantos grados como indique la suma de grados de ambos ángulos, y además tantos minutos como tenía el ángulo que comprendía minutos.

Ejemplo: sumar 34° 17' y 25°.

Solución: $34° \ 17' + 25° = 59° \ 17'$

Tercer caso. Ambos ángulos están compuestos por grados y minutos.

Los grados del ángulo resultante se obtendrán sumando los grados de los dos ángulos componentes. Y los minutos del ángulo resultante se obtendrán sumando los minutos de los ángulos componentes. Pueden ocurrir dos casos:

a) Que la suma de los minutos salga menor de 60'. En tal caso, el problema queda resuelto.

Ejemplo: $17° \ 14' + 41° \ 38' = 58° \ 52'$

b) Que la suma de los minutos salga mayor de 60'. En este caso, recordando que cada 60' equivale a 1 grado, cogeremos 60' de la suma de minutos y los convertiremos en un grado.

Ejemplo: $23° \ 35' + 6° \ 43' = 29° \ 78'$.

Y como $78' = 1° \ 18'$, el resultado será:

$$29° \ 78' = 30° \ 18'$$

COMO SE RESTAN ANGULOS

Dados dos ángulos cualesquiera, pueden presentarse cinco casos al restarlos:

Primer caso. Los dos ángulos tienen un número exacto de grados. Basta entonces restar y ya está.

Ejemplo: $37° - 20° = 17°$

Segundo caso. El ángulo más pequeño tiene un número exacto de grados, y el ángulo mayor no. Basta restar los grados, y el resultado

tendrá tantos grados como indique esta diferencia, y tantos minutos como el ángulo mayor.

Ejemplo: 13° 14' — 11° = 2° 14'

Tercer caso. Tanto el ángulo mayor como el menor tienen grados y minutos; pero el número de minutos del ángulo mayor es superior al del ángulo menor. En tal caso, el resultado tendrá tantos grados como indique la diferencia de grados, y tantos minutos como indique la diferencia de minutos.

Ejemplo: 167° 43' — 36° 21' = 131° 22'

Cuarto caso. El ángulo mayor tiene un número exacto de grados, y el ángulo menor no. En tal caso, se transforma un grado del ángulo mayor en 60 minutos, y se resta como en el caso anterior.

Ejemplo: 180° — 48° 36'

Uno de los grados de los 180 se convierten en minutos, dándonos 179° 60', restando a continuación:

179° 60' — 48° 36' = 131° 24'

Quinto caso. Los dos ángulos constan de grados y minutos, pero tiene más minutos el ángulo menor. En este caso transformamos en 60 minutos un grado del ángulo mayor y restamos como en el caso 3.°.

Ejemplo: 110° 13' — 19° 24'

Los 110 °13' serán igual a 109° 73', puesto que convirtiendo un grado en su equivalencia en minutos, o sea, 60, tendremos

109° 13' + 60' = 109° 73'

De esta cantidad ya podemos restar los 19° 24' del ejemplo:

109° 73' — 19° 24' = 90° 49'

LA CIRCUNFERENCIA Y SUS ELEMENTOS

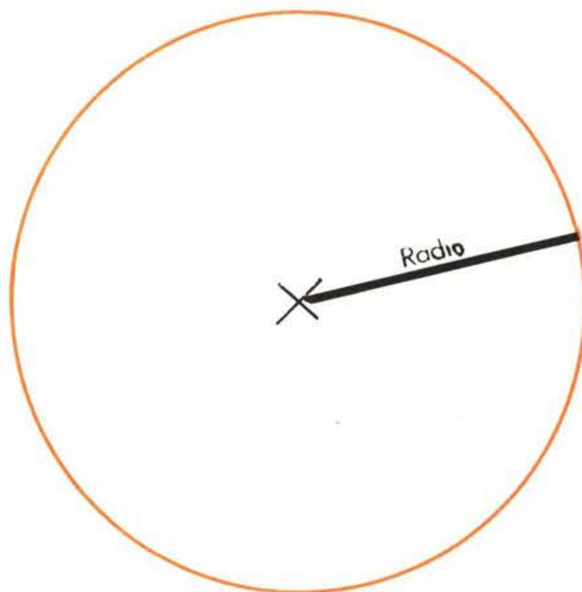
Todos los tratados de Geometría elemental definen la circunferencia diciendo que: CIRCUNFERENCIA ES UNA LÍNEA CERRADA Y PLANA, CUYOS PUNTOS EQUIDISTAN DE OTRO INTERIOR LLAMADO CENTRO.

Eso es verdad y, por lo mismo, vale como definición. Sin embargo, considero necesario que un delineante conozca otra definición más matemática, más geométrica, por decirlo así.

La circunferencia es el lugar geométrico de los puntos de un plano que equidistan de uno interior a ellos, llamado centro.

ELEMENTOS

a) EL CENTRO. — Se llama centro de una circunferencia a un punto interior a ella cuya distancia entre él y cualquier punto de la circunferencia es siempre la misma. El centro se designa con la letra O.



b) EL RADIO. — Llamamos radio a la recta que une el centro de una circunferencia con cualquier punto de ella.

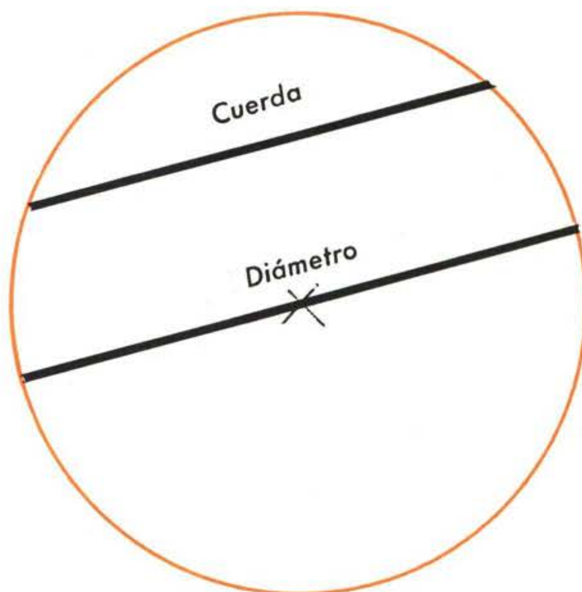
El radio, piense, no es más que la expresión gráfica de la distancia constante que separa el centro de todos los puntos de la circunferencia.

El radio se representa por la letra *r*, no lo olvide.

c) EL DIÁMETRO. — Es la recta que pasando por el centro une dos puntos opuestos de la circunferencia. Se comprende que el valor del diámetro sea doble que el del radio, puesto que en realidad no es más que dos radios puestos el uno a continuación del otro.

El diámetro se representa por la letra *d*. En dibujo técnico, empero, es preferible indicarlo por la letra griega ϕ (fi), sobre todo cuando se quiere indicar la medida de un diámetro determinado.

Si en un plano aparece la notación $\phi = 27$ milímetros, no quiere decir más que eso: diámetro igual a veintisiete milímetros.



d) CUERDA. — No es otra cosa que una recta que une dos puntos cualesquiera de la circunferencia. Ya ve si es sencillo.

Pero hemos dicho antes que el diámetro une también dos puntos de la circunferencia, ¿verdad?... Es que el diámetro es la cuerda máxima, la de mayor longitud en una circunferencia y que fatalmente debe pasar por el centro.

LONGITUD DE LA CIRCUNFERENCIA - EL NUMERO PI

Pero, por definición, sabemos que la circunferencia no tiene ningún punto en una misma dirección; es una curva cerrada, lo cual excluye la posibilidad de una medición directa. Existen, es cierto, unos aparatos llamados curvímetros que se han inventado para medir curvas; pero su uso, si bien resulta práctico para cálculos de poca precisión, no puede aplicarse para resolver cuestiones matemáticas.

Además, no siempre se tratará de medir una circunferencia conocida, sino que las más de las veces deberemos conocer la longitud de una circunferencia aún no construida. Se tratará de hacer un cálculo que nos lleve a la forma gráfica deseada, ¿comprende?... La cuestión está en poder conocer la longitud de la circunferencia a partir de un elemento lineal de la misma; concretamente el radio o el diámetro.

En efecto, si dividimos la longitud de una circunferencia cualquiera por su propio diámetro nos da un cociente que resulta ser 3'14159265... Este número lo obtendremos siempre que dividamos la longitud de una circunferencia dada por su propio diámetro. En otras palabras, que el diámetro es siempre 3'14159265 veces más corto que la longitud de la circunferencia a la que pertenece. Este número que, como puede ver, es constante, se le designa con la letra griega pi (π), de modo que siempre que veamos en una fórmula la aparición de esta letra sabremos que el valor que le corresponde es el antedicho.

No obstante, como este número tiene muchos decimales, en la práctica sólo se utilizan dos o cuatro, según se necesita un cálculo de menor o mayor precisión. En el primer caso se utiliza como valor de π el número 3'14 y en el segundo, 3'1416 (ya que esta cifra está más cerca de 3'14159 que simplemente 3'1415).

Estos dos valores dados a π de 3'14 y de 3'1416 no debe usted olvidarlos jamás.

Por todo esto deducimos que la fórmula para hallar el valor de la circunferencia es:

$$L = \pi \cdot d$$

π es el número constante, L la longitud de la misma y d su diámetro, es decir, conociendo el diámetro de la circunferencia, bastará multiplicarlo por el valor de π para obtener su longitud.

Es más frecuente, sin embargo, utilizar la fórmula, no en función del diámetro, sino del radio, y como éste es la mitad de aquel, dicha fórmula tomará la siguiente expresión:

$$L = 2\,\pi\,r$$

Ejemplo: ¿Cuál será la longitud de una circunferencia cuyo radio es igual a 5 cm?...

$$L = 2 \,.\, \pi \,.\, r$$

Sustituyendo valores, será:

$$L = 2 \times 3'14 \times 5 = 6'28 \times 5 = 31'40 \text{ cm.}$$

Advertencia importante: El valor de la longitud de la circunferencia viene dado en el tipo de unidades que expresa el radio. Es decir: Si el radio o diámetro viene dado en centímetros, obtendremos la longitud en centímetros; si viene dado en metros, la longitud la obtendremos en metros, etc. No olvide este detalle.

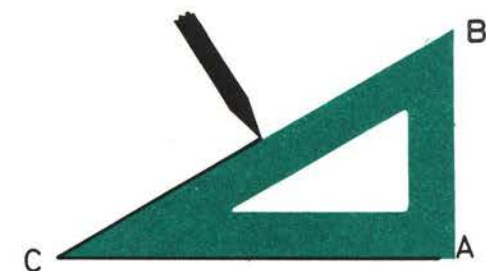
dibujo geométrico



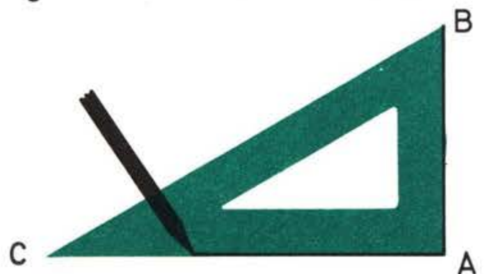
TRAZADO Y MEDICION DE ANGULOS
EMPLEO DEL TRANSPORTADOR

TRAZAR UN ANGULO DE 30 GRADOS Y OTRO DE 90 UTILIZANDO SOLO EL CARTABON

Sabemos que el cartabón tiene tres ángulos distintos: Uno (A) de 90 grados, otro (B) de 60 grados y un tercero (C) de 30 grados. ¿Qué hacer?



Seguir con el lápiz los lados C A y C B, con lo que tendremos dos líneas formando ángulo, cuyo valor son los 30 grados pedidos.

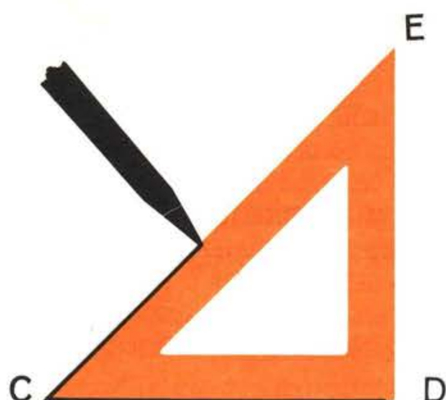


Si ahora le pido que trace usted un ángulo de 90 grados con el cartabón, seguro que lo hará sin titubeos. Procederá como en el caso anterior, pero tomando en el presente los dos lados que forman ángulo recto. Hará lo que gráficamente le indico al margen.

TRAZAR UN ANGULO DE 60 GRADOS UTILIZANDO SOLO EL CARTABON

Ha utilizado el cartabón para trazar ángulos de 30 y 90 grados. Sólo nos queda el ángulo B, cuyo valor es precisamente de 60 grados. ¡No hay problema! Como en los dos anteriores casos, seguiremos los lados que forman el ángulo del valor pedido.

TRAZAR UN ANGULO DE 45 GRADOS UTILIZANDO SOLO LA ESCUADRA



Tomemos la escuadra. Sabemos que en D hay un ángulo de 90 grados y que en los dos restantes vértices C y E — vea la figura, por favor — se forman dos ángulos cuyo valor es de 45 grados cada uno. Si seguimos los lados D C y C E tendremos, sin duda, un ángulo de 45 grados, que es lo que se trataba de conseguir.

No hay duda de que teniendo como tiene la escuadra un ángulo recto, también con ella podremos obtener un ángulo de 90 grados.

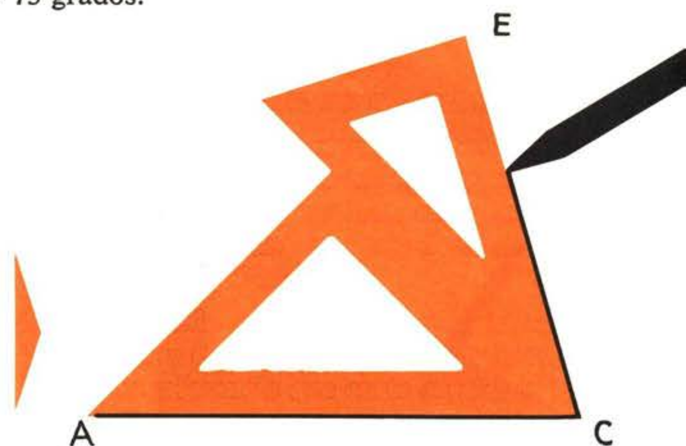
TRAZAR UN ANGULO DE 75 GRADOS UTILIZANDO SOLO LA ESCUADRA Y EL CARTABON

Tome la escuadra y el cartabón y... ¡un poco de calma! Reflexione usted e intente descubrir el sistema. Para ello repase mentalmente el valor de cada uno de los ángulos de los dos utensilios — escuadra y cartabón —. ¿No cae en la cuenta?

¡Es muy fácil! Recuerde que en la escuadra hay un ángulo de 45 grados y que el cartabón tiene uno de 30. Si los sumamos, ¿qué sucede?

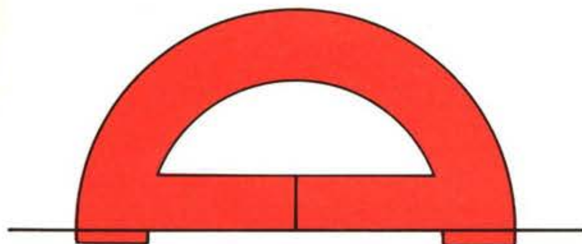
Sencillamente, que: 45 grados + 30 grados = 75 grados.

Colocando la escuadra y el cartabón como indica la figura y siguiendo los lados A C y C E, obtendremos el ángulo deseado. ¿Ve usted qué sencillo?

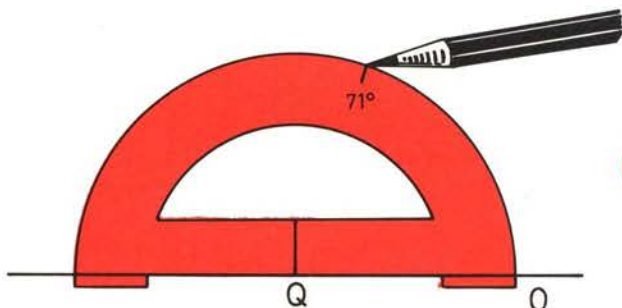


TRAZAR CON EL TRANSPORTADOR UN ANGULO DETERMINADO

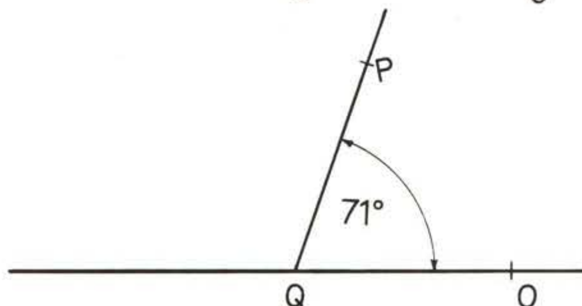
Trabajemos apoyándonos en un ejemplo. Supongamos que nos piden un ángulo de 71°. Trace usted una recta sobre el papel que tiene delante. ¡Zas! ¡Ya está! Tenemos la recta sobre la que deberemos trazar el ángulo.



Coloque ahora el transportador encima de esta recta trazada, de la manera que indica la figura. Es decir: haciendo que el centro Q del semicírculo y el número 0 — cero grados — estén sobre la recta.



Busque ahora la señal del borde graduado que corresponde a los 71 grados y con el lápiz — que es de suponer que sigue con la punta bien afilada — marque sobre el papel un punto que corresponda con la señal. Llamemos P a este punto. Marque sobre la recta trazada una señal que coincida con el centro Q.



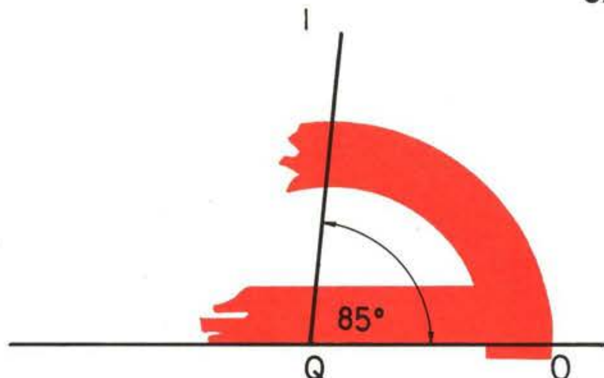
Separe el transportador y vea que tenemos la primera recta, el punto Q y un nuevo punto P que nos indica la abertura del ángulo.

Basta, pues, unir los dos puntos con una recta para tener dibujado el ángulo pedido.

TRAZAR UN ANGULO QUE SEA LA SUMA O LA DIFERENCIA DE OTROS DOS

Empecemos por la suma. Vamos a suponer que son dos ángulos los que debemos sumar: uno de 62° y otro de 23°. Si se ha de dibujar un ángulo que valga por los dos, lo primero que deberemos hacer es encontrar su valor en grados. En una palabra: los sumaremos.

62 grados + 23 grados = 85 grados.

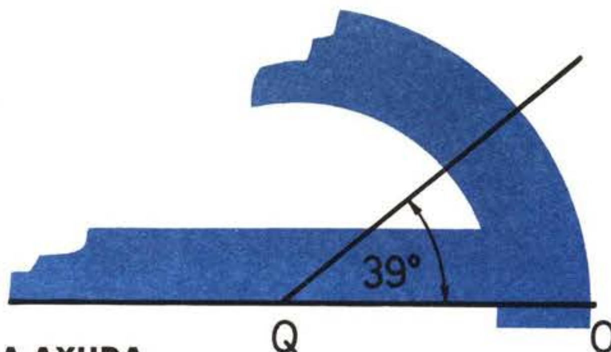


El valor del ángulo a dibujar es de 85°. La manera de trazarlo, ya la sabemos. Trazamos una recta, situamos convenientemente el transportador sobre ella... etc.

Veamos ahora la diferencia. Procederemos del mismo modo; pero en vez de sumar, restaremos los dos ángulos. El valor del ángulo a dibujar será:

62 grados — 23 grados = 39 grados.

Sabiendo que debemos construir un ángulo de 39 grados, tome el transportador y proceda como en los casos anteriores. ¿Se atreve?... ¡Naturalmente que sí!



TRAZAR LA BISECTRIZ DE UN ANGULO CON LA AYUDA DEL TRANSPORTADOR

Suponga que nos interesa trazar la bisectriz del ángulo que tenemos dibujado al margen. Disponemos para ello del transportador.



Sabemos que la bisectriz es la recta que divide exactamente por la mitad un ángulo dado y, por lo tanto, lo primero que deberemos averiguar es el valor del ángulo cuya bisectriz debemos trazar.

Tome el transportador y proceda como es debido, midiendo el ángulo dibujado.

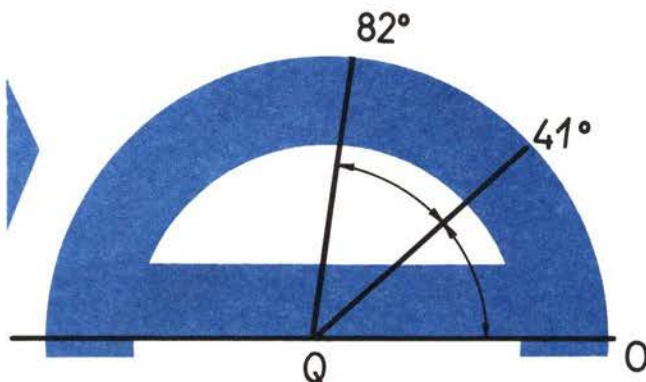
... ...

... ...

Bien, ¿ha concluído?... Entonces habrá comprobado que nuestro ángulo mide exactamente 82 grados. Y ahora, si la bisectriz debe dividir el ángulo por la mitad, ¿qué otra cosa podemos hacer sino dividir entre dos el valor del ángulo? Tendremos:

$$82° : 2 = 41°$$

Tomamos de nuevo el transportador y, colocándolo sobre el ángulo dado de manera que el centro Q, el 0° y la señal de los 82° estén situados donde les corresponde, marcamos con una señal los 41°, que es el valor de la mitad del ángulo.



Uniendo esta señal con el vértice del ángulo, resultará la bisectriz pedida.

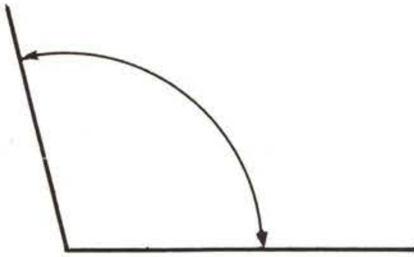
Un último problema y terminamos por hoy.

DIVIDIR UN ANGULO DADO EN UN NUMERO DE PARTES IGUALES

Antes de adentrarnos en el problema, permítame una observación:

Si explicamos todos estos problemas por medio de un ejemplo concreto, es porque cree-

mos que es la mejor forma de hacerlos comprender de una manera directa. Quiero decir con ello que no se trata de casos exclusivos, sino que todos los problemas similares al ejemplo que proponemos se resuelven procediendo de la forma indicada.

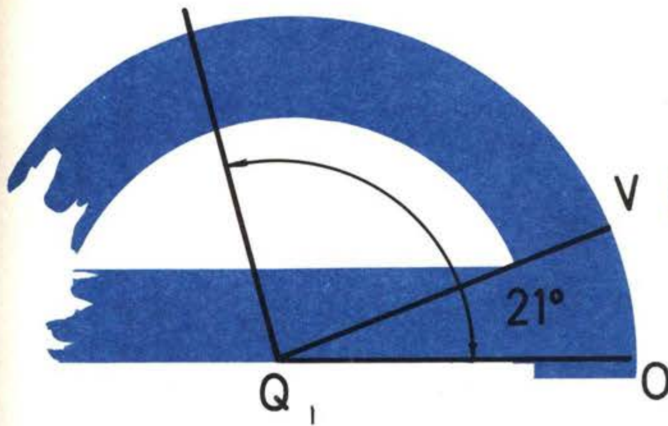


Y dicho eso, vayamos a nuestro problema:

Sea el ángulo de la figura y supongamos que nos interesa dividirlo en cinco partes iguales. ¿Qué hacer?

Lo primero es medir el ángulo. Hágalo en la forma indicada. Vamos adquiriendo práctica, ¿verdad? Como ha podido comprobar, se trata de un ángulo de 105°. En definitiva, se tratará de dividir estos 105° en cinco partes iguales, que son las pedidas. Hágalo:

105° : 5 = 21°



Resulta que cada una de las partes debe ser un ángulo de 21°. Colocando el transportador sobre el ángulo dado, marco con una V el primer ángulo de 21°. O sea que el ángulo O Q V, vale 21° y es la primera de las cinco partes iguales pedidas. Si a partir de V cuenta usted 21° más, tendrá la segunda de las cinco partes, que corresponde a los 42°.

Por sumas sucesivas, encontraremos los ángulos:

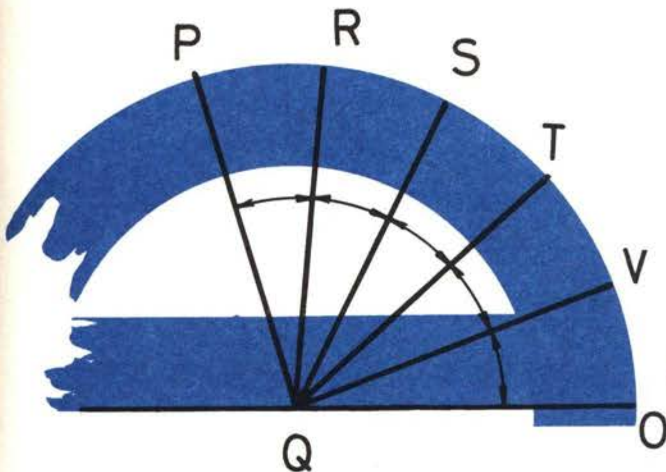
Angulo O Q V, que vale 21°

Angulo O Q T, que vale 21 . 2 = 42°

Angulo O Q S, que vale 21 . 3 = 63°

Angulo O Q R, que vale 21 . 4 = 84°

Angulo O Q P, que vale 21 . 5 = 105°



En resumen: basta situar el transportador correctamente sobre el ángulo a dividir y señalar los grados que marcan el valor de cada división, y unir luego estas señales con el vértice del ángulo, para tener solucionado el problema.

Y basta por hoy de prácticas de delineación. Por su parte haga cuanto pueda por familiarizarse con este tipo de problemas. Cada día se encontrará con casos similares a los que entre los dos hemos solucionado. Si consigue desde un principio familiarizarse con ellos, tendrá mucho camino recorrido.

dibujo técnico



LAS VISTAS
SU DENOMINACION Y SITUACION EN EL PLANO
EJECUCION DE PLANOS: PROCESO DE REALIZACION

LAS VISTAS



El capítulo que iniciamos es de una importancia capital para el delineante, ya que se trata del doble cometido de la interpretación y colocación de las diferentes vistas que son precisas dibujar para la perfecta comprensión de la pieza o piezas interesadas.

Una de las cosas inherentes al dibujo técnico es su claridad. Sin ella la interpretación de cualquier plano sería tarea penosa a la vez que se prestaría a multitud de equívocos, cuando no a una constante consulta. La atención de la persona o personas que deben operar con el plano debe concentrarse únicamente en las características de la pieza que quiere representar y darse de inmediato cuenta de su configuración por todos sus lados.

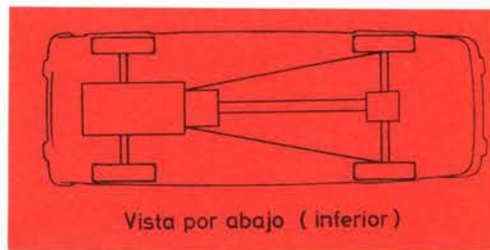
Vea la fotografía del automóvil que ilustra estas líneas. No cabe duda de que con ella tenemos una idea bastante clara del modelo, pero sólo una idea, sin ningún rigor ni exactitud. En otras palabras, no nos sirve para dibujo técnico.


Vista de costado o perfil


Vista de frente


Vista por detrás


Vista por arriba (superior)


Vista por abajo (inferior)

En éste, repetimos, lo que nos interesa son sus distintas vistas, o sea, una vista de costado, una de frente, otra por detrás, otra por arriba y otra por abajo, y si preciso fuera, otra por el otro costado.

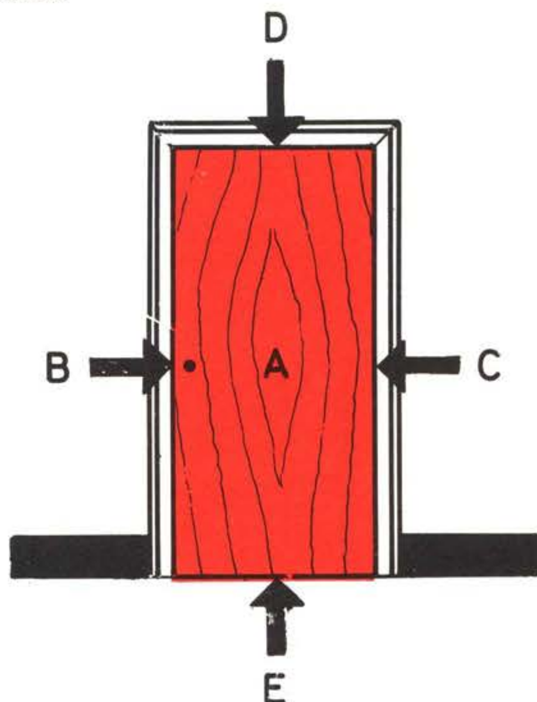
Como verá más adelante, hay piezas que no necesitan tantas vistas, por la sencilla razón de que algunas de ellas sólo serían repetición de otras. En el ejemplo del automóvil, es obvio que un costado es igual al del otro, por cuya razón no es necesario reproducir los dos, aunque en el caso presente vamos a suponernos que sí los necesitamos, a fin de darle una explicación completa.

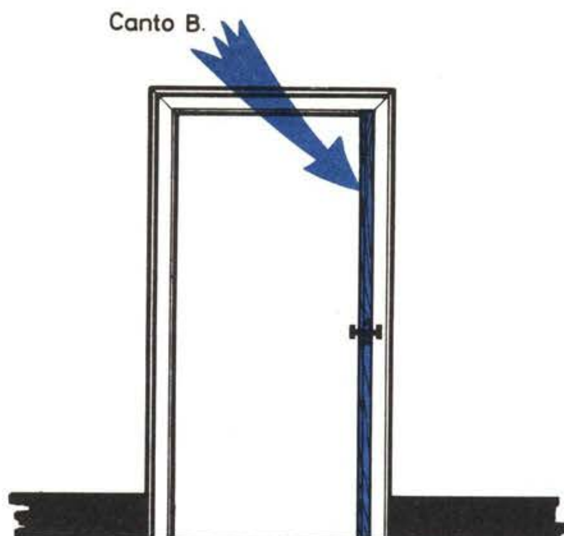
En suma, pues, necesitamos seis vistas. Cuéntelas, por favor. Ahora bien, en el plano no se colocan estas vistas arbitrariamente, sino que se sigue un orden, pues si bien en el caso que nos ocupa es fácil discriminar cada una de ellas, en la mayoría de casos esta discriminación es prácticamente casi imposible si no las colocamos de acuerdo al orden de que le hablamos. Para ello, debemos siempre elegir una vista, que denominaremos vista principal, como vista clave o de referencia. Esta vista debe ser siempre la vista más representativa, es decir, aquella que nos da la mejor idea de lo que se trata. En el automóvil de nuestro ejemplo es indudable que la vista principal es sin duda la de costado, o sea, el perfil del mismo.

Ahora, partiendo cada vez de esta vista principal, vamos a ver dónde colocamos las demás.

Para su mayor comprensión siga, por favor, el simil de la puerta. Como en el caso del automóvil tenemos seis vistas. La A, que llamaremos principal, el canto que veríamos en dirección de la flecha B, el que veríamos en dirección de la flecha C. El canto superior (en dirección de la flecha D). El inferior (en dirección de la flecha E). Y por último, el otro costado, es decir, el que veríamos situado al otro lado de la puerta.

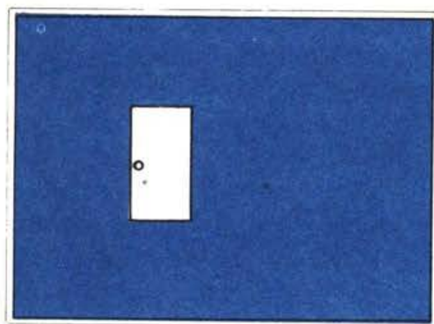
Para proceder a su colocación en el plano procederemos con la siguiente técnica. Usted, el delineante, OBSERVA el objeto situado siempre ante la vista elegida como principal, y para saber cómo son las otras vistas, haremos girar el objeto de forma que nos vaya presentando sus diferentes caras.



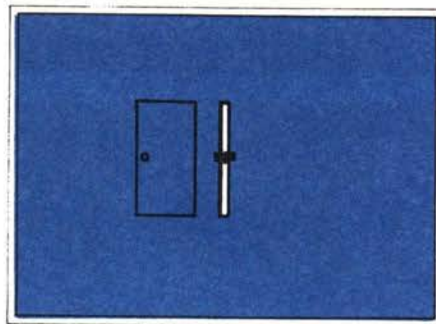


Supongamos que la puerta en cuestión se abre hacia nosotros. Si lo hacemos llegará un momento que el canto B quedará exactamente frente a nosotros (que no nos hemos movido). Este canto B, que estaba a la izquierda de la vista principal, nos queda ahora a la derecha (ya que la puerta ocupaba el lugar que descubre el parco). Es decir, que al abrir la puerta, o sea, al hacer un giro de 90º su lado izquierdo (esto es, el canto B) nos queda, repetimos, a la derecha. Y AHI ES DONDE DEBEMOS COLOCARLO EN EL DIBUJO. A LA DERECHA.

Vea este proceso en el plano.



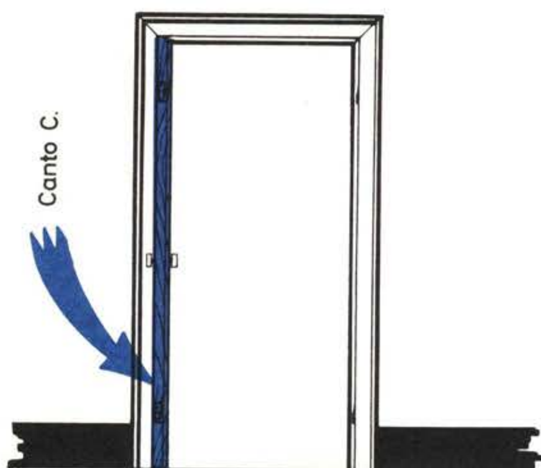
Dibujo 1



Dibujo 2

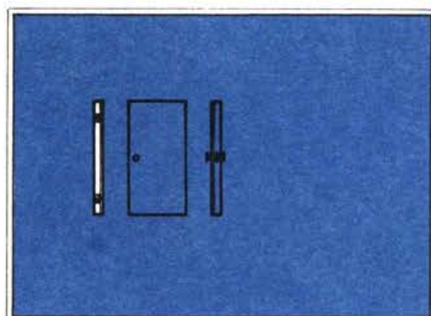
1.ª fase (dibujo 1). Dibujamos en el plano la vista principal (o sea, la vista A).

2.ª fase (dibujo 2). Dibujamos en el plano, a la derecha de la vista principal A, el canto B.

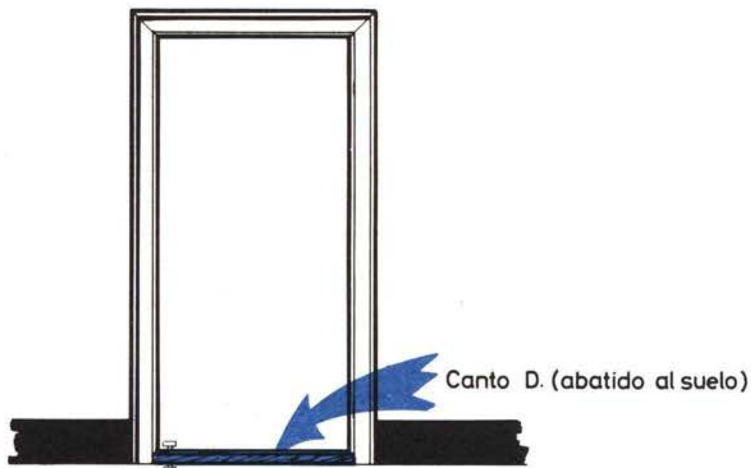


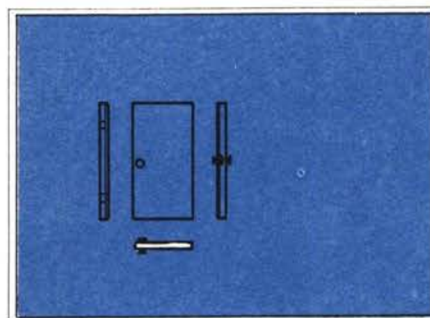
Supongamos ahora que la puerta se abre en sentido contrario. Al hacerlo (siempre tirando hacia nosotros), el canto C, que estaba a la derecha de la vista principal, aparece ahora, al quedar ante nosotros, a la izquierda del hueco que descubre el marco. Por esta razón, este canto C de la derecha DEBEMOS DIBUJARLO EN EL PLANO A LA IZQUIERDA DE LA VISTA PRINCIPAL.

Siguiendo el proceso del dibujo, vea, pues, este nuevo paso gráficamente.



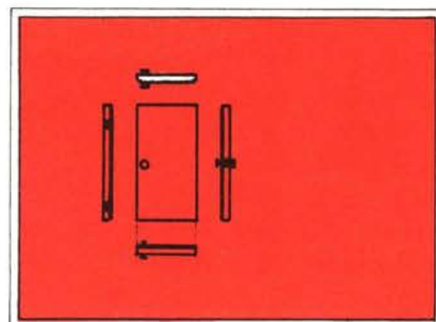
Si por el contrario abatimos la puerta hacia nosotros, ésta se vendrá al suelo y veremos el canto D, o sea, el canto superior de la puerta, pero lo veremos abajo del hueco del marco, o sea, en la parte inferior. COLOCAREMOS SU DIBUJO DEBAJO DE LA VISTA PRINCIPAL.



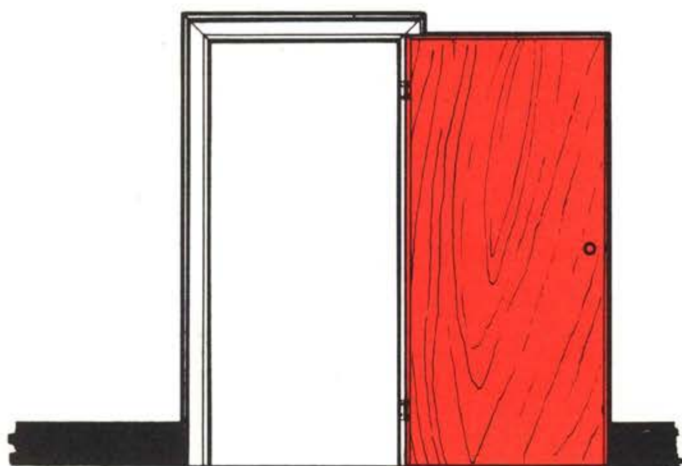


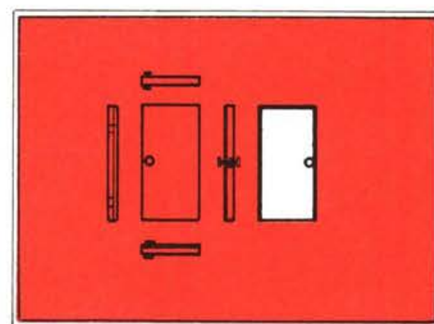
Observe que en todos los casos hemos hecho girar la puerta tirando siempre hacia nosotros, ya sea de izquierda a derecha, de derecha a izquierda o abatiéndola al suelo hacia nosotros. Hagamos lo mismo tirando ahora de modo que pudiera abrirse girando sobre el dintel del marco. Nos presentaría su canto inferior E. Pero observe que para ello nos quedaría en la parte superior del mismo, POR CUYA RAZON EN EL PLANO LO DIBUJAMOS SOBRE LA VISTA PRINCIPAL.





Por último, si queremos dibujar el otro costado, esto es, el que veríamos situado al otro lado de la puerta, hemos de hacer un doble giro. Primero presentando el canto B (que ya hemos dibujado) y luego completando el giro hasta 180º (vea el dibujo), con lo cual sin movernos teóricamente de la posición primitiva veríamos este costado TODAVIA MAS A LA DERECHA. Cosa que trasladaríamos al plano. Usted dirá que también puede hacerse girar todo a la izquierda, o hacia arriba o hacia abajo. Esto es cierto, pero es norma general hacerlo hacia la derecha.

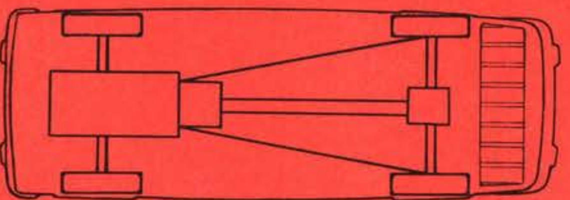




Resultado final

Si esta misma técnica del giro lo aplicamos teóricamente a cualquier pieza, obtendríamos lo mismo. Volviendo al ejemplo del automóvil, tendríamos que su frente (situado a la izquierda de su costado, que hemos elegido como vista principal) queda a su derecha. Su parte de atrás (que estaba a la derecha de la vista principal) a su izquierda. Su vista superior, debajo de la vista principal, y la inferior encima.

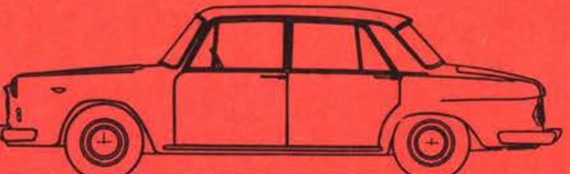
Siguiendo, pues, la técnica del giro, partiendo cada vez de la vista principal y haciendo girar hacia nosotros la pieza, le será fácil saber en qué lugares debe colocar las diferentes vistas.



VISTA INFERIOR
(Planta)



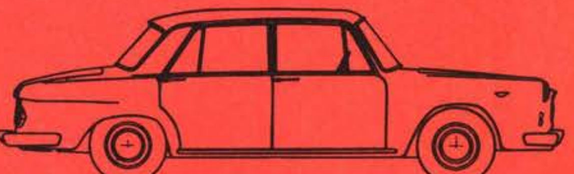
VISTA LATERAL IZQUIERDA
(Alzado)



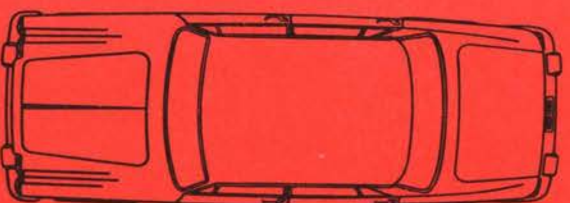
VISTA PRINCIPAL
(Alzado)



VISTA LATERAL DERECHA
(Alzado)



VISTA POSTERIOR
(Alzado)

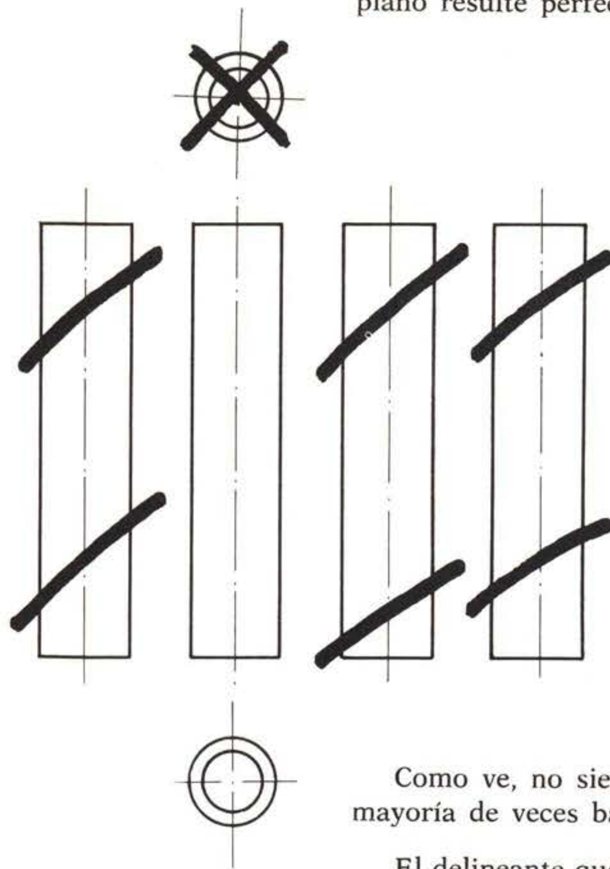


VISTA SUPERIOR
(Planta)

Situación de las vistas del automovil sobre el plano de dibujo, según DIN-6

PLANOS CON MENOR NUMERO DE VISTAS

Vayamos a otra cosa: ¿Cuántas vistas serán necesarias para que un plano resulte perfectamente comprensible en el taller?...



Supongamos que se trata de representar un tubo, como el que tenemos dibujado al lado. Podemos escoger la posición que más nos convenga y adoptarla como posición principal. Como puede ver la posición escogida es la vertical.

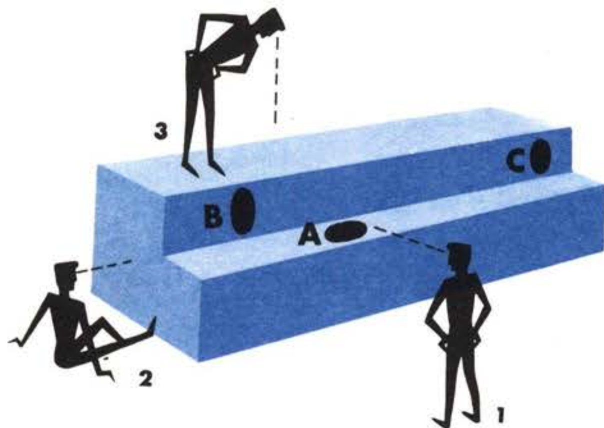
Pues bien. Si proyectamos las seis vistas establecidas en el ejemplo anterior, nos encontramos con que los cuatro alzados son exactamente iguales. Y lo mismo ocurre con las vistas inferior y en planta. Ocurre esto así porque se trata de un objeto perfectamente regular: un cilindro, geométricamente hablando... o, si lo quiere más exacto, un cuerpo de revolución. (Recuerde lo dicho en la lección primera.)

Puede, pues, quedar reducida a dos vistas únicamente la representación del tubo. Una vista en alzado y una vista superior. Con estas dos vistas el tubo queda perfectamente representado.

Como ve, no siempre son necesarias las seis vistas descritas. En la mayoría de veces basta con dos o tres.

El delineante que sabe su oficio conoce la necesidad de recapacitar lo que sea preciso para descubrir cuál es la posición de la pieza, edificio... o lo que sea que debe tomarse como vista principal. Siempre hay una posición de la pieza para la que el dibujo se simplifica mucho. El arte del delineante consiste, precisamente, en averiguarlo antes de iniciar el dibujo.

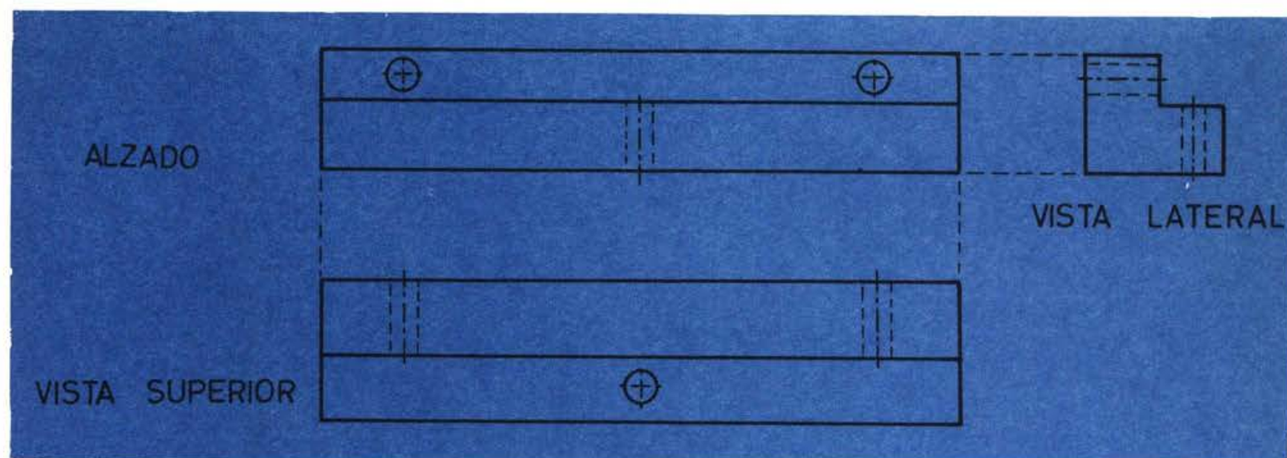
Terminaremos esta explicación con dos nuevos ejemplos. Para el primero de ellos, sea ésta la pieza que debemos representar.



¿Cuántas vistas emplearemos?... ¿Cuál será la posición principal de la pieza?...

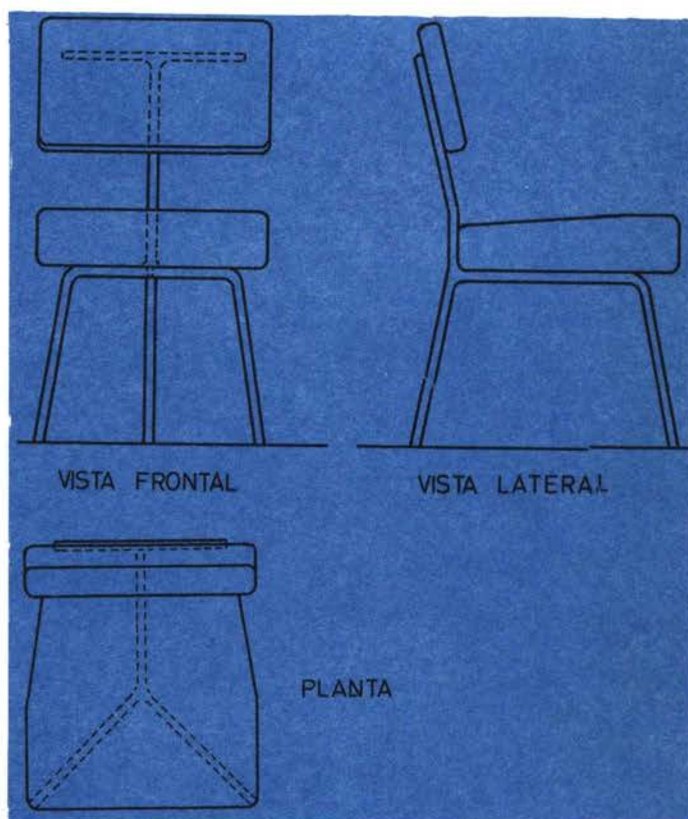
Situémonos a su alrededor, desde los distintos puntos de vista desde los que vemos normalmente sus diversas caras. Observe que tomando la posición 3 vemos el orificio indicado en el gráfico con (A). La cara posterior carece de interés, puesto que es completamente lisa (así lo suponemos). Por lo tanto, esta vista no nos interesa. En cambio, visto desde 1, vemos los dos orificios (B) y (C). Y, naturalmente, nos interesará la posición 2 para demostrar la forma lateral de la pieza.

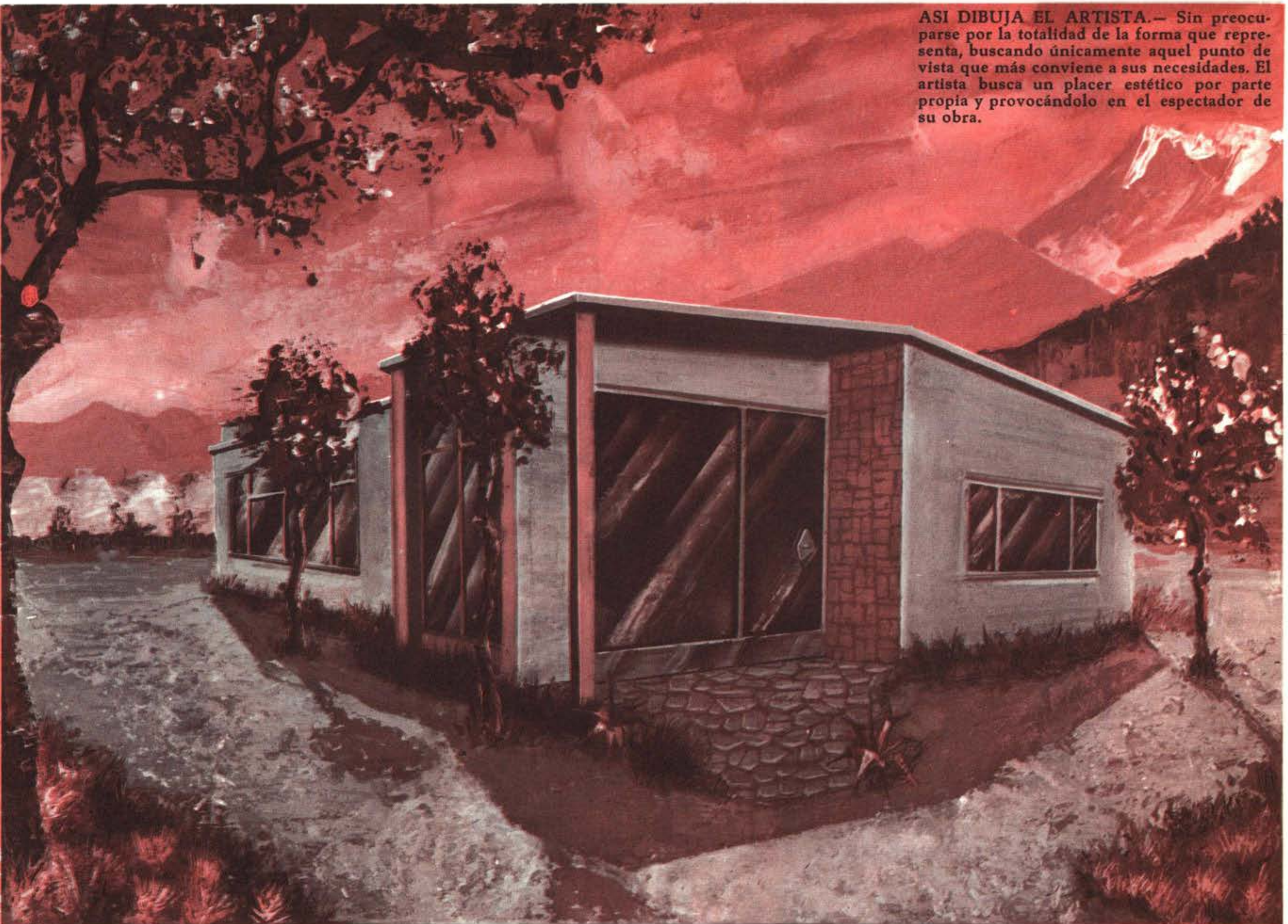
En resumen: que tendremos solucionado el plano de esta pieza si la representamos en la forma siguiente:



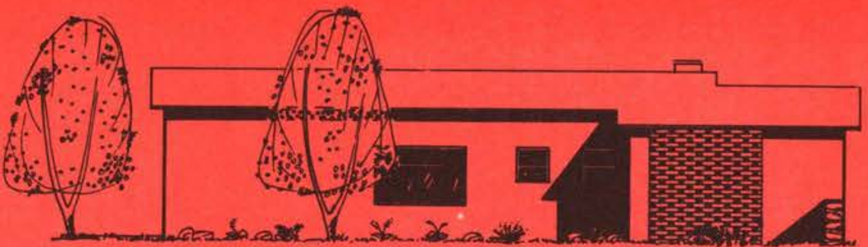
OTRO EJEMPLO. Una silla



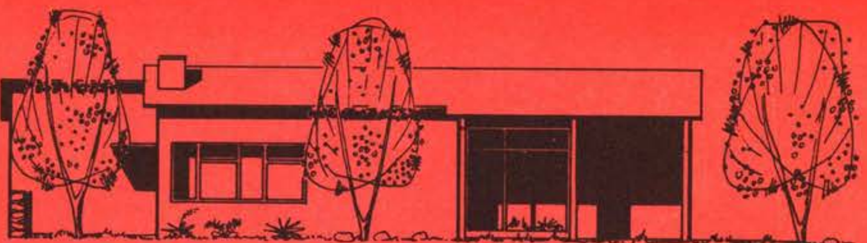




ASI DIBUJA EL ARTISTA.— Sin preocuparse por la totalidad de la forma que representa, buscando únicamente aquel punto de vista que más conviene a sus necesidades. El artista busca un placer estético por parte propia y provocándolo en el espectador de su obra.



ALZADO ESTE



ALZADO OESTE

ASI DIBUJA EL DELINEANTE.— Representando la totalidad de la forma en el plano. Explicando cada una de sus partes a fin de que el modelo pueda ser construido tal y como lo ha imaginado el arquitecto, el ingeniero o el mismo delineante proyectista. Pero ello no es obstáculo para que sus dibujos tengan una innegable elegancia. ¿Qué le parece este sistema de representar los árboles? No puede negarse que se necesita un desarrollado sentido de la abstracción para conseguir formas tan elegantes.



ALZADO NORTE



ALZADO SUR



PLANTA

EJECUCION DE PLANOS

PROCESO DE REALIZACION

En líneas generales podemos afirmar que el delineante puede operar de dos formas distintas. Mejor dicho, el punto de partida para la ejecución de un plano puede ser diametralmente opuesto.

Un plano puede dibujarse partiendo de un objeto ya construido. Un caso típico es el siguiente: En una máquina se estropea una pieza determinada, sin la cual no puede funcionar y de la que no se tienen ni los planos ni el recambio. Es una circunstancia que se da con relativa frecuencia. En este caso el delineante toma la pieza estropeada y, partiendo de los datos que le proporciona, procede a dibujar su plano, que permitirá la construcción de una nueva pieza.

Consideremos ahora otro punto de arranque para la ejecución del plano: es el caso de la creación de una pieza (o máquina entera) de la que no se tiene ninguna referencia corpórea. Supongamos un motor que gira con una velocidad superior a la que necesitamos para el manejo de una herramienta de taller (torno, fresadora, taladradora, etc.).

En este caso se nos puede pedir que proyectemos un sistema de engranajes que reduzca la velocidad de transmisión del motor. Observe que aquí se nos encarga un previo trabajo de proyección, de cálculo, del cual saldrá un croquis para que de él puedan ejecutarse los planos definitivos. Es un trabajo de proyectista.

PROCESO DE REALIZACION DE UN PLANO

Antes de que el taller o la obra dispongan del plano que les permitirá la construcción de la pieza, máquina o edificio, son necesarias una serie de operaciones. En esta lección, estudiaremos lo que debe hacer el delineante en el caso concreto de encargarle la ejecución del plano de una pieza de la que se tiene un modelo construído.

Para hacer un plano, son precisas las siguientes etapas:

1. — Toma de croquis del conjunto y de cada una de las piezas, a mano alzada, en el taller.
2. — Acotación — determinar las medidas — sobre los croquis obtenidos.
3. — Despiece del conjunto, a lápiz, en el tablero de dibujo.
4. — Realización del plano de conjunto definitivo, a lápiz, en el tablero de dibujo.
5. — Realización de todos los planos, tanto del de conjunto como de los despieces, a tinta.

6. — Ejecución de las copias necesarias para el taller, a fin de conservar el original, y



7. — Se archiva el plano original a tinta.

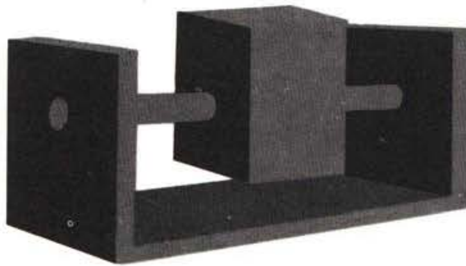
Bien; de momento sabemos lo que debe hacerse. Veamos ahora cómo se hace. Veámoslo a través del

EJEMPLO PRACTICO N.° 2

REALIZACION DE LOS PLANOS A PARTIR DE UN CONJUNTO DE PIEZAS DADAS

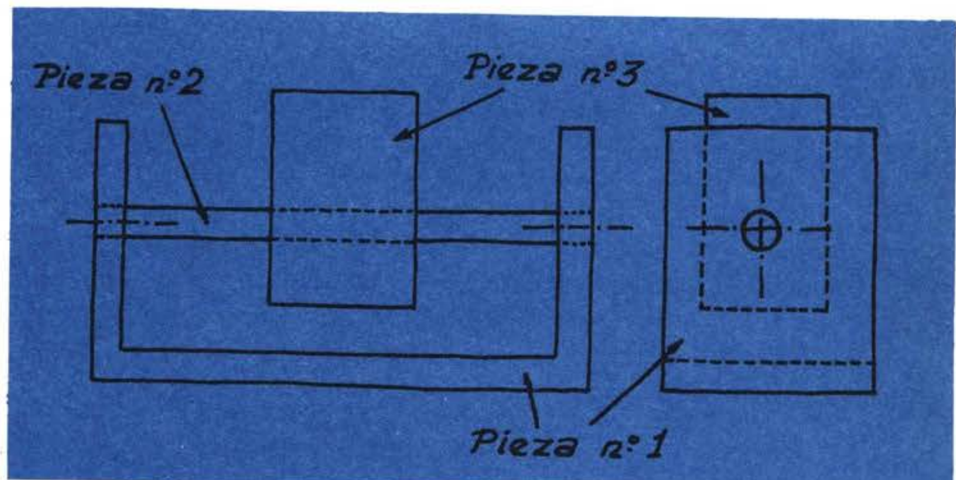
Supongámonos de que disponemos de una pieza compuesta en realidad de otras varias, y de la cual deseamos construir una serie de ellas. Sin embargo, no contamos con los planos necesarios, por lo que se impone la ejecución de éstos partiendo de la pieza dada.

Sea ésta la pieza en cuestión:



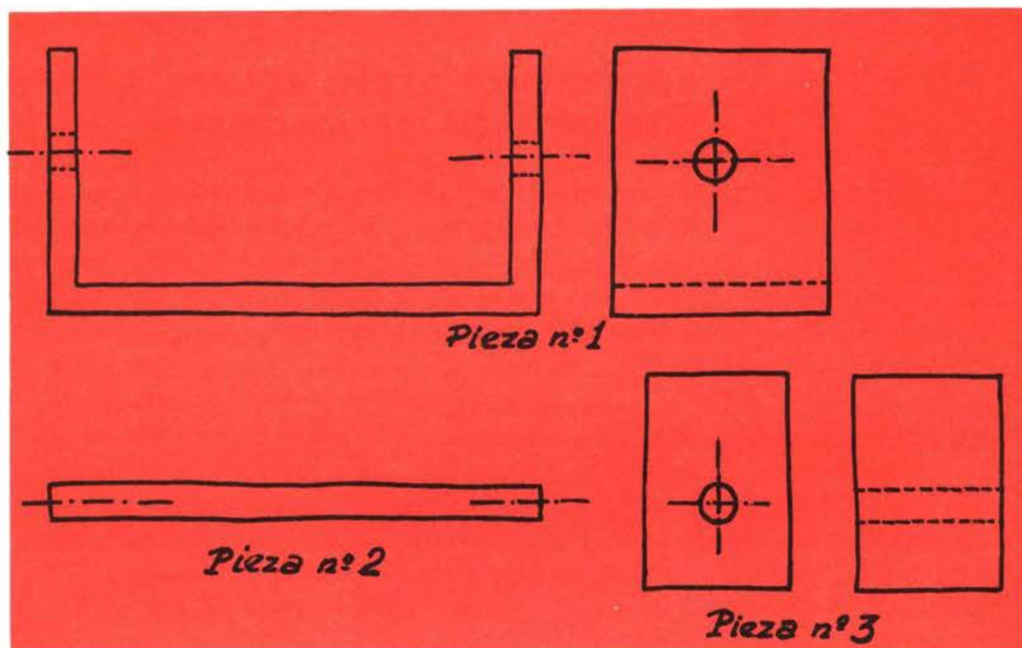
El delineante encargado de realizar los planos para su inmediata mecanización, debe, en primer lugar, levantar el correspondiente croquis.

Con la simple observación del conjunto se da cuenta de que le interesan dos vistas, una frontal y otra lateral. Vea más abajo su supuesto dibujo a mano alzada.



Tenemos ya una visión general del conjunto. Lo que ahora procede es croquizar cada una de las piezas que lo componen. ¿Cuántas piezas son?... Es fácil de ver que se trata de un conjunto de tres piezas. En el gráfico anterior se han señalado, numerándolas.

En el mismo papel en que hemos dibujado el conjunto, dibujamos ahora cada una de las piezas. Así:



Hasta aquí tenemos lo que figura en la lámina EJEMPLO PRÁCTICO N.º 2 A. Véala, por favor. Se trata del conjunto de croquis a mano alzada tomados en el taller.

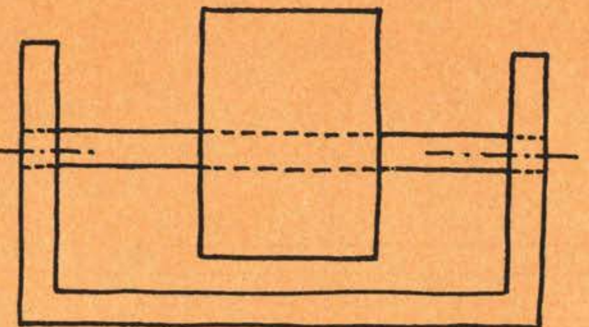
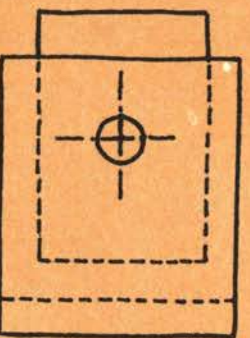
Ahora deberíamos seguir tomando las medidas sobre la pieza original y anotando los croquis tomados. Pero eso será motivo de una lección más avanzada. Por lo tanto, nos limitaremos a dibujar «a ojo», con medidas arbitrarias, sin importarnos mucho si lo hacemos un centímetro mayor o dos centímetros más pequeño.

Acto seguido, vayamos por el *despiece a lapiz sobre el tablero de dibujo*, EJEMPLO PRÁCTICO N.º 2 B.

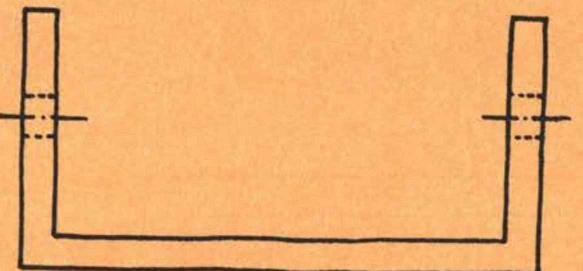
Se trata, en concreto, de dibujar de forma definitiva a lápiz lo que antes hemos dibujado a mano alzada en el taller. En la lámina que ahora debe tener delante de usted — la 2 B del ejemplo — tiene el despiece a lápiz, solucionado; pero como que lo interesante es que se vaya usted ejercitando en eso de la ejecución de planos, vamos a dibujar usted y yo conjuntamente la pieza número 1. Yo iré indicándole todos mis movimientos, pero con el bien entendido de que usted debe seguirlos todos sobre un solo dibujo. Si le indico por separado cada uno de los pasos a seguir es para su mayor comprensión. ¿Entendido?... Adelante:

Sobre un papel cualquiera — se trata de un ensayo — vaya haciendo lo mismo que yo:

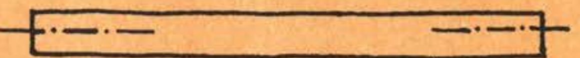
EJEMPLO PRACTICO N.º 2 A

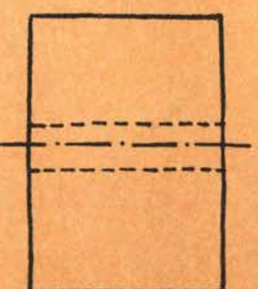
Croquis del conjunto




Pieza nº 1

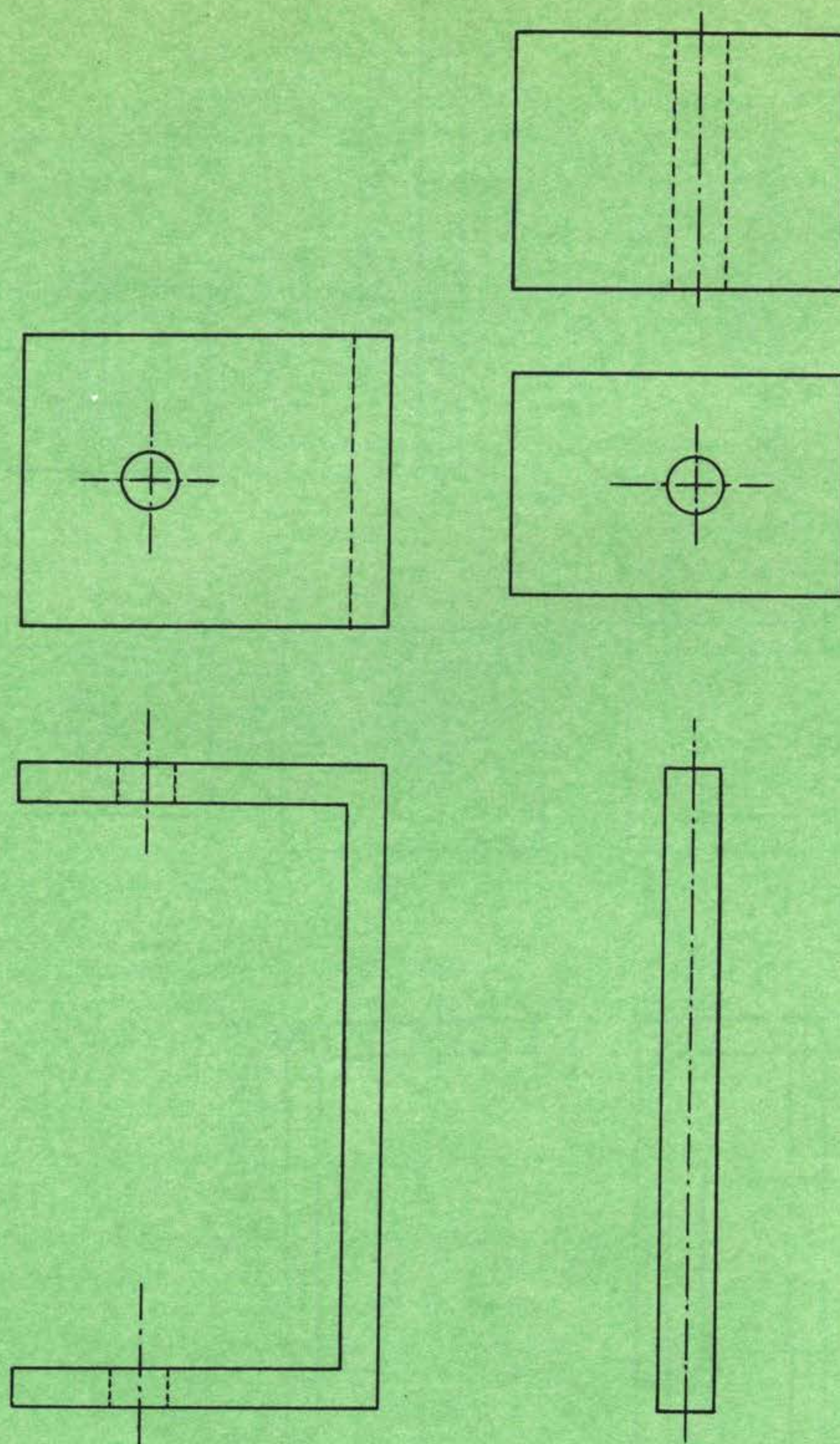


Pieza nº 2

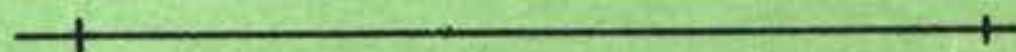
Pieza nº 3

EJEMPLO PRACTICO N.° 2 B





1. — Trazo una horizontal.



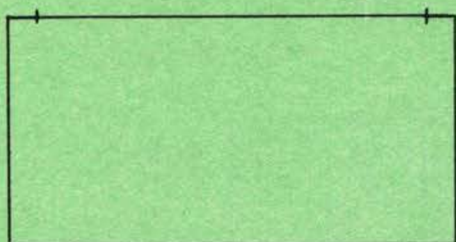
2. — Señalo la longitud necesaria.



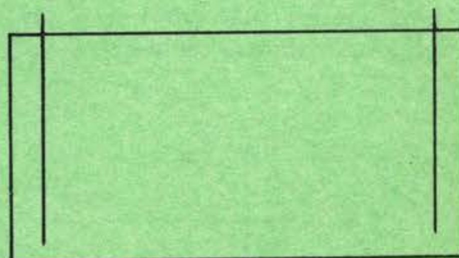
3. — Trazo dos verticales sobre los puntos marcados.



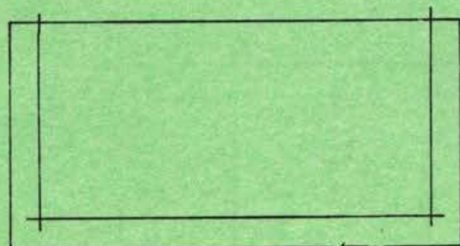
4. — Señalo la altura.



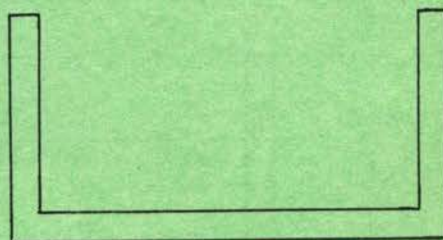
5. — Trazo la horizontal superior y señalo la anchura de los brazos verticales.



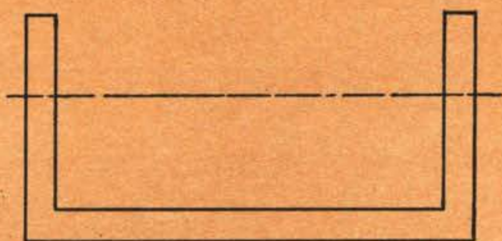
6. — Trazo las verticales correspondientes.



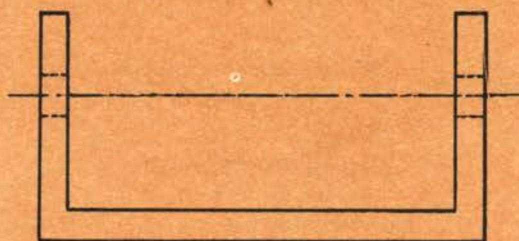
7. — Señalo el espesor de la base y trazo la horizontal correspondiente.



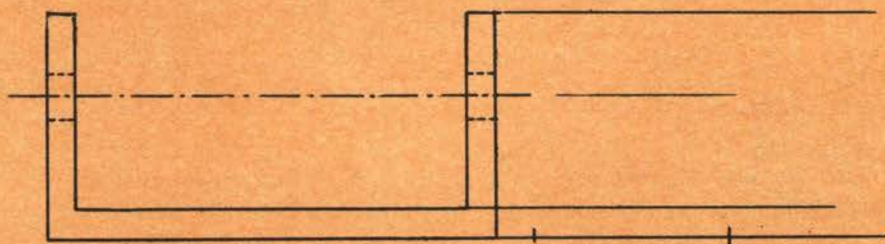
8. — Borro todo lo que sobra y repaso con el lápiz las líneas definitivas.



9. — Trazo mediante una línea de ejes el centro de los dos agujeros de la pieza, a la altura necesaria.

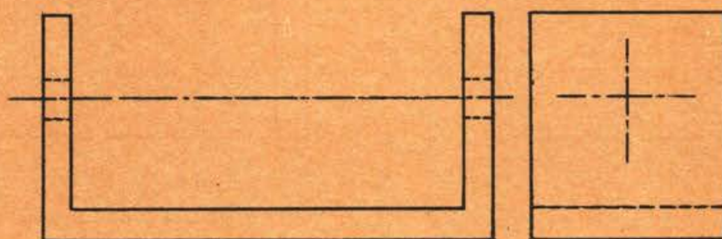


10. — Trazo los dos agujeros mediante líneas de trazo, ya que se trata de líneas ocultas.



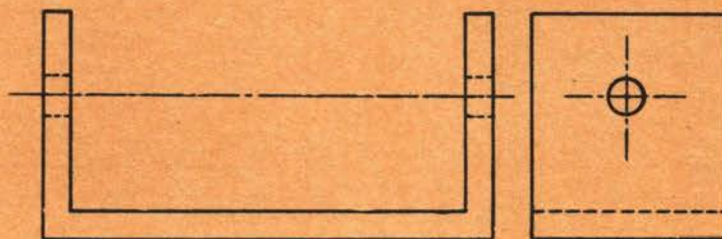
11. — Prolongo todas las líneas horizontales que me harán falta para la otra vista de la pieza.

12. — Señalo sobre la horizontal base la anchura de la pieza.



13. — Trazo las dos verticales y en su punto medio y sobre la línea de ejes señalo el centro del agujero.

14. — Borro con la goma todo lo que sobre.



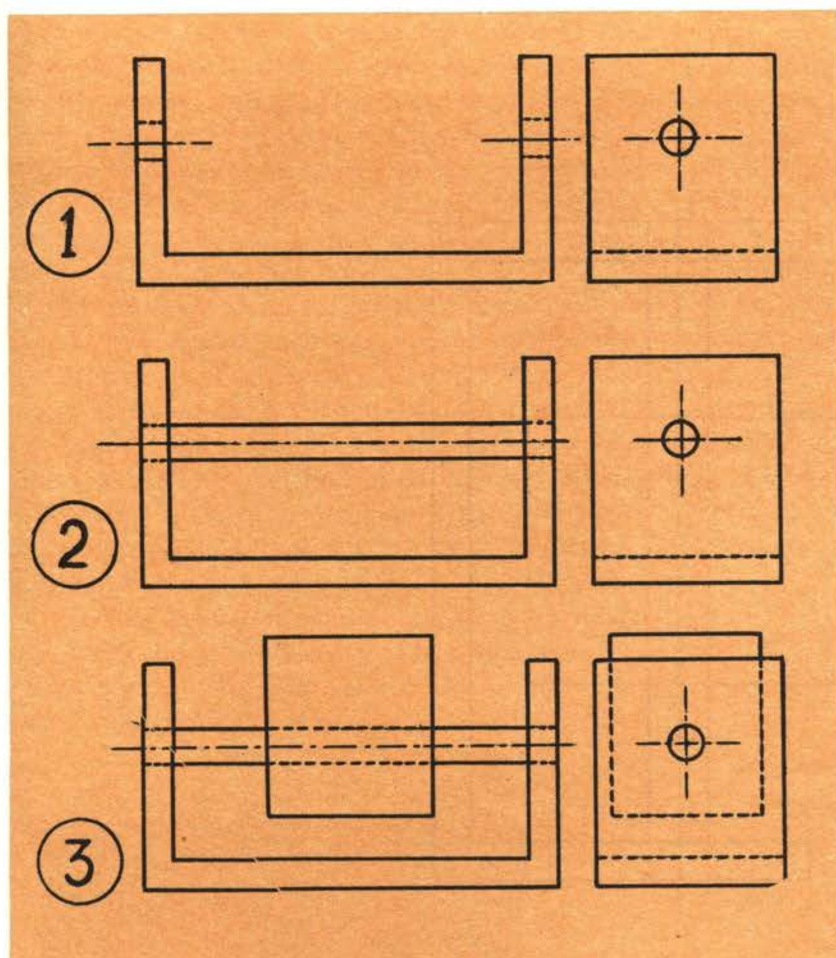
15. — Trazo la circunferencia y, tras repasar eldibujo, queda listo el plano de la pieza número 1.

Ahora deberíamos seguir con las demás piezas, pero eso, amigo mío, espero que lo haga sin mi ayuda. Quiero ver el grado de su intuición y quiero que desde el principio se acostumbre a valerse un poco por sí mismo. Si se equivoca, cosa que no tendría nada de extraño, aquí estamos para corregirle

Plano de conjunto a lápiz, definitivo

Es el último paso para la consecución de todos los planos de un conjunto de piezas. Disponiendo del despiece, es de lo más fácil. Se trata simplemente de montar cada una de las piezas en su sitio correspondiente.

Empezaremos por dibujar la pieza número 1, igual a cómo lo hemos hecho en el despiece. (N.° 1.)



A continuación y sobre la pieza 1, colocaremos la número 2. Tendremos eso: (N.° 2.)

Y, finalmente, sobre el conjunto de las piezas 1 y 2, colocaremos la pieza número 3. Véalo: (N.° 3.)

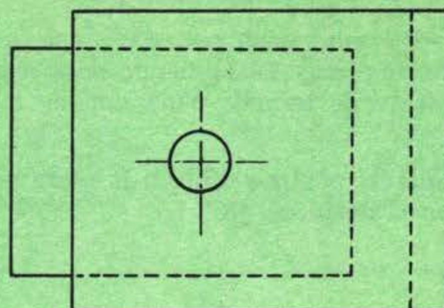
Tenemos ya el plano de conjunto, definitivo, a lápiz. Es lo que tiene usted en la lámina N.° 2 C.

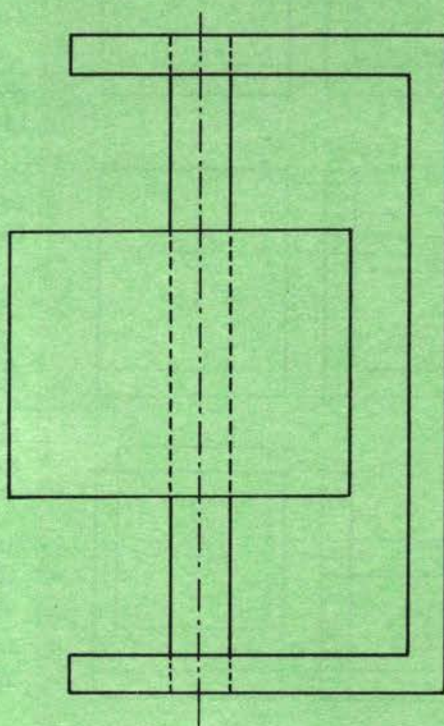
Este proceso viene a ser algo así como una «prueba», puesto que si nos hubiésemos equivocado en algo al efectuar el despiece, las piezas no encajarían en el conjunto.

Ahora podríamos seguir con las demás etapas de la ejecución de los planos de conjunto. Pero, de momento, es suficiente haber considerado las que llevan al plano definitivo realizado a lápiz.

Por lo tanto, hemos terminado con la primera lección de nuestro Curso. Si ha asimilado todas las enseñanzas que en ella se encuentran, puede usted felicitarse; estar satisfecho de usted mismo.

Amigo, despidámonos hasta la próxima lección, con un fuerte apretón de manos, como corresponde a dos buenos amigos.







MATERIAL DE DIBUJO

EL GRAPHOS
PLANTILLA DE CURVAS
FLEXIBLE
EL PARALEX

2

EL GRAPHOS

Como todas las cosas de este mundo, la técnica del dibujo también ha progresado, puesto que el desarrollo industrial progresivo ha forzado una mayor actividad en las oficinas técnicas, mayor actividad que se ha traducido en una mayor producción de dibujos, de planos.

El hombre, con medios naturales, tiene un límite para todo y, el delineante, por bueno y seguro que sea, tiene un límite de capacidad. Para que pueda sobrepasar este límite, precisa de instrumentos especialmente diseñados para evitar pérdidas de tiempo.

El tiralíneas debe cargarse y limpiarse con mucha frecuencia, cosa que supone una pérdida de tiempo considerable, a lo que debe añadirse el riesgo de que tanto al rellenar como al limpiar (sobre todo en esta última operación) se modifique el grueso de la línea. Superar ambos inconvenientes representa una ventaja inapreciable tanto en lo que se refiere a rapidez como a justeza en el dibujo.

Uno de los instrumentos que sustituyen al tiralíneas solucionando los dos problemas citados (carga e irregularidad de la línea) es el GRAPHOS, fabricado por la casa Pelikan, que es el que mayor popularidad ha alcanzado. El problema de la carga queda solucionado mediante un depósito de tinta y un dispositivo que regula su salida. Para que el grueso del trazo sea constante, existe una plumilla para cada grueso normalizado, plumilla cuya colocación es sumamente rápida.

El hecho de que para cada grueso deba emplearse una plumilla distinta, puede parecer mayor inconveniente del que en realidad es. Piense que en un plano siempre hay una cierta cantidad de líneas de un mismo grueso y que, en un calco, no hay inconveniente para trazar en una misma etapa todas las líneas de un mismo grueso, cambiando la plumilla cuando emprendamos la delineación de otro grupo de líneas de grueso distinto.

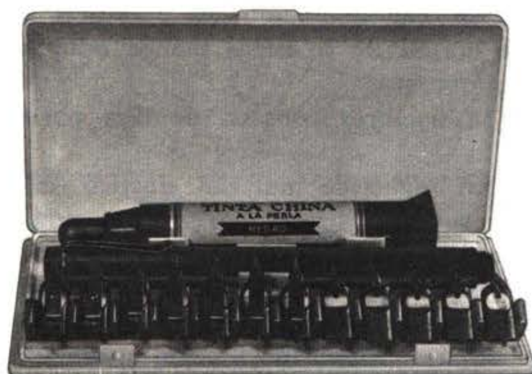
El Graphos, cuyo manejo no tiene ningún secreto, resulta un instrumento enormemente práctico.









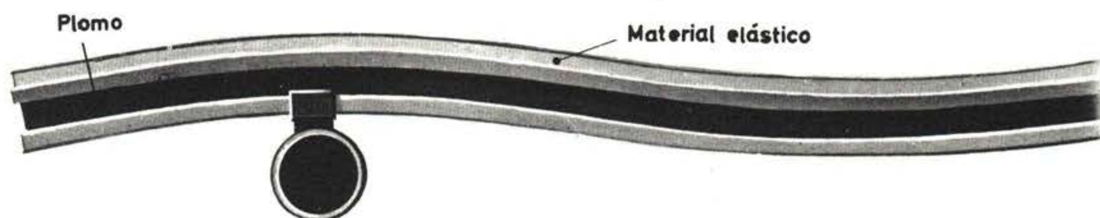


PLANTILLA DE CURVAS FLEXIBLE

Cuando en un dibujo debemos trazar curvas no circulares, es decir, de trazo irregular podemos valernos de una plantilla de curvas. Pero este instrumento, por su misma rigidez, puede no adaptarse a determinados contornos. En el mejor de los casos deberemos trazar una curva irregular por partes, con el peligro inminente de obtener empalmes incorrectos cada vez que debamos modificar la posición de la plantilla.



Las reglas flexibles adoptan la curvatura deseada con sólo forzarlas con los dedos



Para subsanar este inconveniente, han aparecido las plantillas de curvas flexibles, que mediante la acción de nuestras manos adoptan la curvatura deseada por irregular que sea.

Estas reglas curvables (valga la palabra) constan de tres partes esenciales:

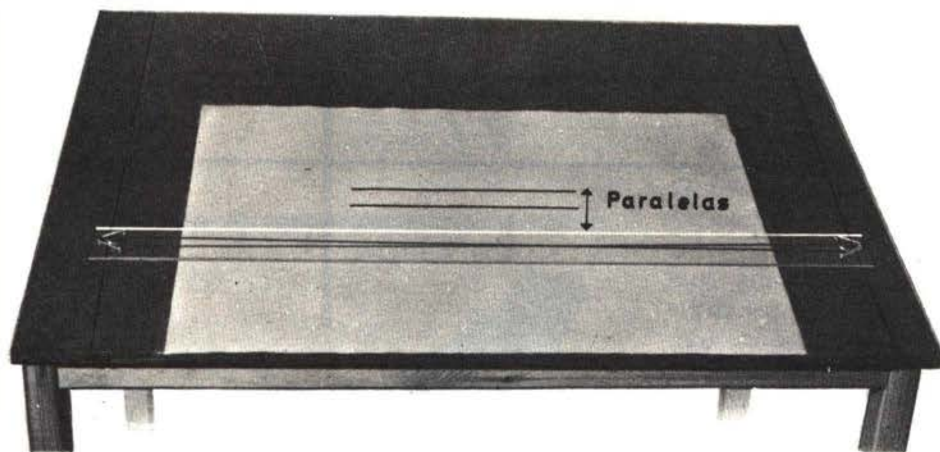
Una regla central de plomo; dos reglas de material elástico (caucho, plástico, etc.) que forman las superficies lisas por las que podrá desliza el tiralíneas o elemento gráfico usado.

El plomo tiene la rigidez suficiente para permanecer en la forma que se le haya dado, sosteniendo las tiras elásticas, a las que obliga a permanecer en contacto con él por un sistema de fijación apropiado.

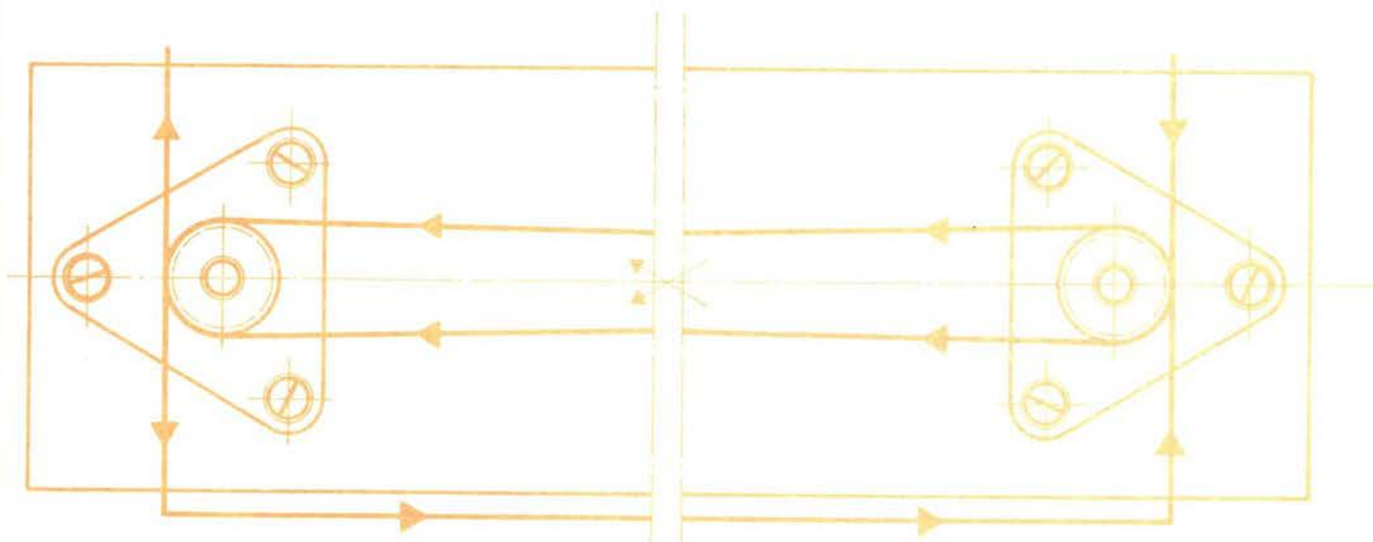
EL PARALEX

Este aparato sustituye con ventaja la regla de forma T que ya conocemos.

El paralex es una regla que, para proporcionar una efectividad total, debe cubrir toda la anchura de la mesa o tablero de trabajo, y que por medio de un sistema de poleas puede desplazarse por toda la profundidad de la mesa conservando siempre una posición paralela a la inicial. Es decir: el paralex proporciona constantemente una línea paralela a las que hayamos podido trazar con él antes de la que consideramos.

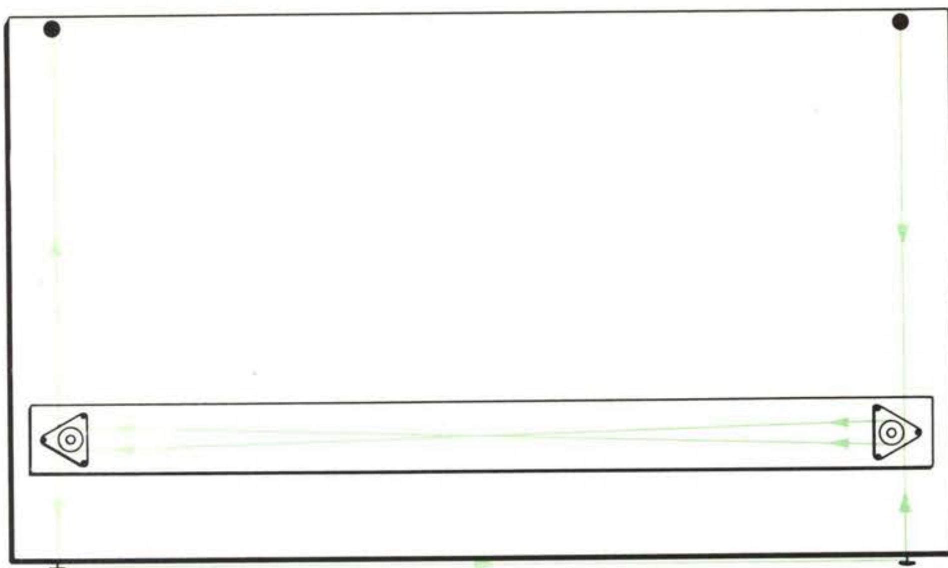


Es conveniente que el paralex cubra toda la longitud de la mesa de trabajo



Un sistema de poleas permite que el paralex se desplace paralelo a sí mismo a lo largo de unos hilos guía.

En este gráfico demostramos la trayectoria que deben seguir los hilos guía en la instalación de un paralex



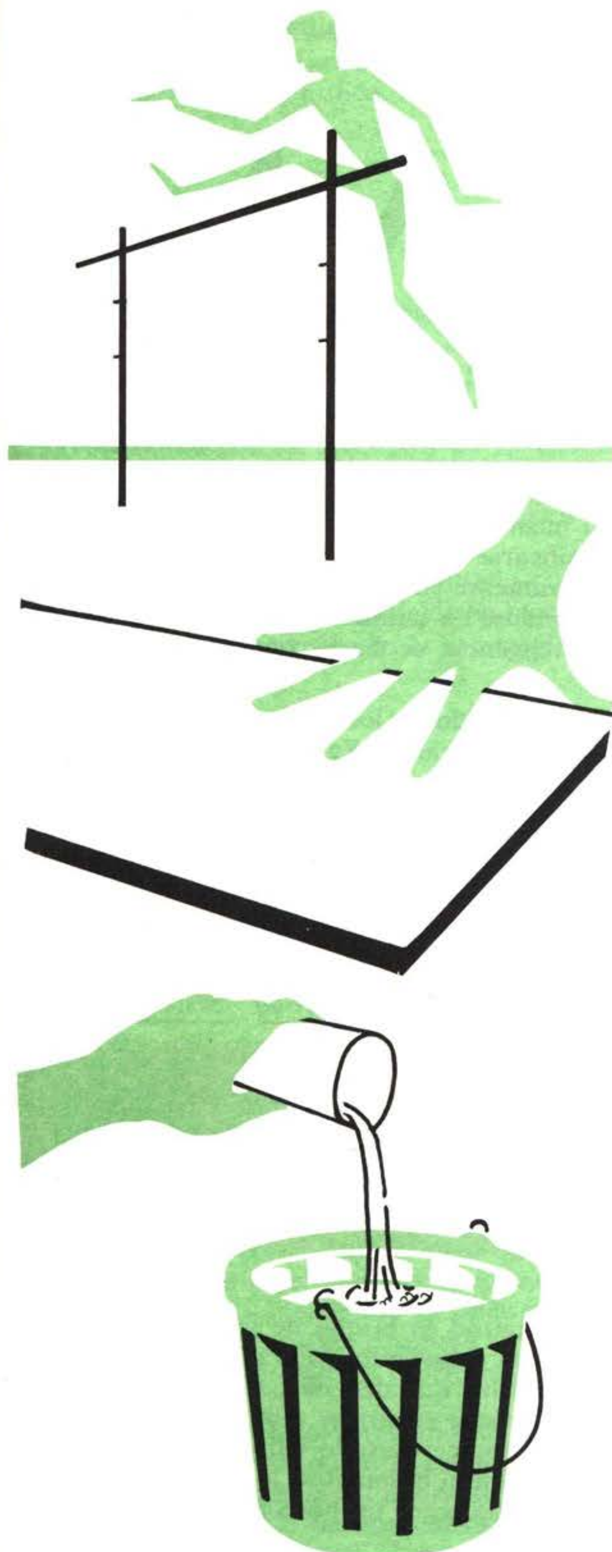
Lo normal es que el paralex se disponga de manera que represente la horizontal del plano del dibujo. Así, con él, una escuadra y un cartabón tendremos la posibilidad de obtener, además de horizontales, líneas verticales e inclinadas a 45°, 30° y 60°.

Las guías del paralex son hilos delgados y resistentes (algunas veces hilos de material plástico) que siguen una trayectoria apropiada, de modo que permiten que las poleas de la regla se deslicen por ellos sin posibilidad de inclinarse.

La misión del paralex es la misma que la de la regla T, pero con la ventaja de no necesitar mano alguna que la mantenga en posición. Puede parecer una ventaja mínima; pero puestos en la práctica nos damos rápida cuenta de que disponer de las dos manos en todo momento es una enorme ventaja.

FISICA 1

MEDIDAS UNIDADES DE LONGITUD



EL SISTEMA METRICO DECIMAL

LA FÍSICA ES LA CIENCIA QUE TRATA DE LOS CUERPOS, DE SUS RELACIONES Y PROPIEDADES Y DE LAS CAUSAS QUE PUEDEN MODIFICAR SU ESTADO DE REPOSO O DE MOVIMIENTO.

La propiedad más evidente de los cuerpos es su extensión, que valoramos mediante una operación a la que llamamos medir.

Si hablando de las hazañas de un atleta nos dicen que ha dado un salto, nos quedaremos tan frescos. Pero si nos dicen además que dicho salto ha sido de dos metros de altura, quedaremos admirados. Saltar dos metros ya es una verdadera marca, un *récord*. Observe que hemos valorado el salto del atleta, una vez conocida su medida. Apreciamos el valor de las cosas, al establecer unas medidas. La riqueza, la distancia, el peso, el tiempo; todo, absolutamente todo, necesita ser medido.

¿QUE ES MEDIR?...

Se impone la pregunta... y la respuesta.

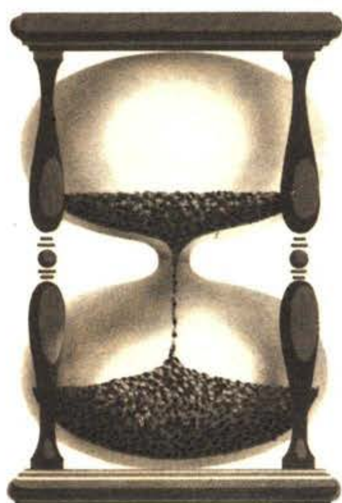
MEDIR ES COMPARAR UNA MAGNITUD CON OTRA DE SU MISMA ESPECIE.

Es una definición clarísima a la que sólo falta añadir:

LA MAGNITUD QUE NOS SIRVE DE PUNTO DE PARTIDA PARA LA COMPARACIÓN, SE LLAMA UNIDAD.

Sin duda alguna que usted habrá medido alguna vez la longitud de cualquier cosa por medio de su palmo, aplicando sucesivamente su mano extendida sobre la superficie a medir, y habrá dicho que tenía tantos palmos. Es una operación que todos hemos hecho algunas veces, ¿no es cierto? En este caso, el palmo ha sido la UNIDAD elegida.

Podemos llenar un cubo echando en él vasos llenos de agua, uno a continuación de otro. Si contamos las veces que hemos efectuado la operación hasta llenar completamente el cubo, podremos decir que en el mismo cabe un número determinado de vasos. El vaso ha sido la UNIDAD.





La necesidad de medir es innata en el hombre. Y por lo mismo, la de establecer unas unidades de longitud para las distancias, de tiempo y de peso, fundamentalmente. Como que dicha necesidad existía, surgieron las unidades:

El ingenio del hombre ha ideado desde hace siglos distintas unidades y distintos sistemas de medidas.



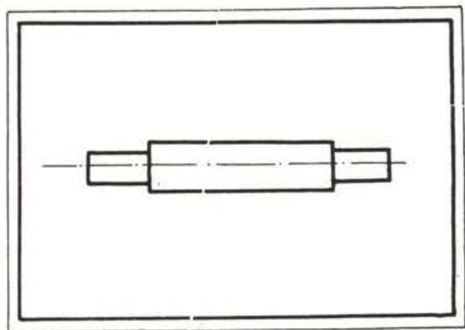
Pero fatalmente debía suceder que cada país estableciera sus propias unidades, pensando en sí mismos y sin importarles los demás. Imagínese la que se armó al intensificarse las relaciones comerciales y pasar el comercio de ser una cosa meramente comarcal a otra que relacionaba todos los países del Globo. Basándose en unidades arbitrarias, sin fundamento científico alguno, la inteligencia se hacía muy difícil... y muy fácil la estafa.

Imponíase la reorganización a fondo de los sistemas de medidas nacionales, reorganización que se llevó a cabo. ¡Ya lo creo!

Fué una verdadera revolución de la que salió lo que hoy llamamos SISTEMA MÉTRICO DECIMAL (S.M.D.).

Actualmente hay en el mundo dos preponderantes sistemas de medidas: El Sistema Métrico y el Sistema Inglés. Siendo tres los tipos de medidas básicas (longitud, tiempo y peso), veamos cuáles son las unidades establecidas en cada uno de los dos grandes sistemas actuales:

	Sistema Métrico	*Sistema Inglés*
Para longitudes	El metro	La yarda
Para pesos	El kilo	La libra
Para tiempos	El segundo	El segundo



Un plano sin medidas carece de valor práctico. ¿Qué dimensiones tendría esta pieza?...

La longitud es la que de forma más directa interesa al delineante. Todo plano necesita unas medidas (las que den idea del tamaño que en realidad tiene el objeto dibujado), sin las que el plano carece de todo valor práctico. Así las cosas y siendo la longitud lo que más nos interesa, detallaremos un poco todo lo relacionado con ella.

Para empeza, digamos...

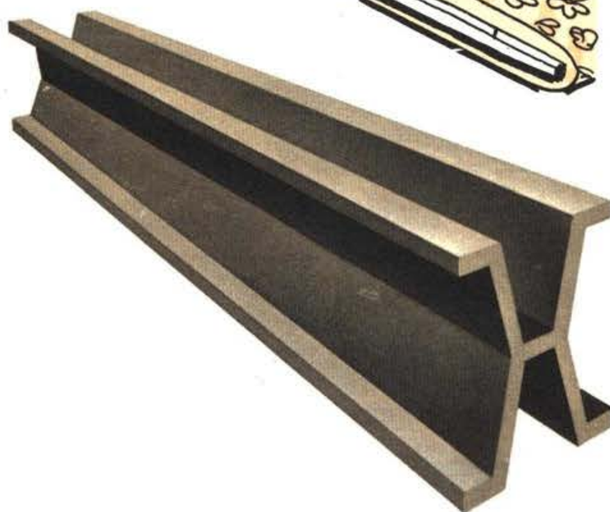
¿QUE ES EL METRO?

¿Sabría usted explicármelo? Quizá no. Sin embargo, casi todos los españoles han tenido en sus manos una longitud igual a un metro. En nuestro país se adoptó rápidamente el Sistema Métrico, liberándonos de un verdadero caos comercial y científico.



El metro es la unidad fundamental del sistema métrico. Es la unidad de longitud, o sea una distancia. ¿Qué distancia?... LA EXISTENTE ENTRE DOS TRAZOS GRABADOS EN UNA BARRA DE PLATINO-IRIDIO QUE SE CONSERVA EN LA OFICINA INTERNACIONAL DE PESOS Y MEDIDAS DE PARÍS. La barra en cuestión tiene la forma que indica el gráfico.

Todos los países que han adoptado esta unidad tienen una copia exacta de dicha barra, que se conserva generalmente en la capital de cada nación.



Bien. Sabemos que hay una distancia fijada sobre una barra de platino-iridio, que todo el mundo está conforme con llamar *metro*, y que alegremente se ha aceptado como unidad de medida. Pero usted sabe muy bien que la gente no acepta las cosas — sobre todo las científicas — sin un fundamento. El metro, desde luego, no es producto del capricho de un buen señor al que se le ocurrió fabricar la tan cacareada barrita.

No. La cosa se hizo estrujándose los sesos para encontrar una unidad constante apoyada en una base científica. Si la nueva unidad debía depender únicamente de una construcción mecánica como es una barra, hubiese estado sujeta a errores de fabricación. Antes de fabricar el metro patrón, que es la barra de París, fué preciso encontrar la dimensión por un sistema científico.

Lo que se hizo fué: Midióse la distancia que se debía recorrer para dar la vuelta al mundo en línea recta, pasando por ambos Polos — Norte y Sur —, como simbólicamente está realizando el señor de la figura. Se dividió la distancia conseguida en cuarenta millones de partes (diez millones por cada cuadrante comprendido entre el Polo y el Ecuador). El resultado, una vez llevado a la realidad, fué EL METRO.



Naturalmente, es muy fácil decir todo esto, pero en la realidad muy difícil de conseguir. Usted ya supondrá que la medición del Globo no se hizo a base de buscar un andarín como el de la figura precedente; sería una idea muy infantil. Tal medición se hizo por procedimientos geofísicos muy complicados, que naturalmente no voy a explicarle. ¡Dios me libre!

Pero ¡lo que son las cosas! Resulta que hoy en día, con los adelantos científicos, se ha descubierto que la primitiva medición no fué exacta. Adolece de error de cálculo. Para que no se diga de nosotros que desconocemos la novísima definición del metro, se la voy a indicar. Con la condición de que una vez leída... ¡se olvide de ella! En todo caso, podrá servirle para dársela de *supercientífico* delante de los amigos que siempre son más *sabios* que uno.

Modernamente se dice que:

EL METRO ES LA LONGITUD DE ONDA DE LA RAYA ROJA DEL ESPECTRO ÓPTICO DEL CADMIO, MULTIPLICADA POR 1.553.163'15.

Muy bonito... mas ¡nada práctico! En vista del galimatías, nos quedamos con la famosa barrita antes citada como definición práctica, y para la científica, diremos que: EL METRO ES LA DIEZMILLONÉSIMA PARTE DEL CUADRANTE DEL MERIDIANO TERRESTRE COMPRENDIDO ENTRE EL POLO NORTE Y EL ECUADOR.

Dicho con otras palabras: la distancia existente entre el Polo Norte y el Ecuador dividida en diez millones de partes, es el metro.

Y si sobre él se puede decir algo más, que vengan y me lo expliquen.

Como curiosidad, le diré que en un principio el Sistema Métrico Decimal no fué aceptado por tres de las Grandes Potencias Mundiales. Inglaterra — con todas sus Colonias — no lo admitió, al igual que los Estados Unidos y Rusia. Sin embargo, ya en 1866 lo aceptaron los EE. UU., considerándolo legal, aunque no obligatorio. Después de 31 años, se permitió su utilización en Inglaterra (que corrientemente tampoco lo usa), y en 1900 Rusia lo aceptó sin condición.

Resulta, pues, que el Sistema Métrico Decimal es conocido en todo el Mundo y practicado en la mayoría de países. No es ser demasiado optimista afirmar que dentro de poco se habrá convertido en el único sistema internacional de medidas.

Ya sabemos lo que es el metro; y más o menos todos podemos señalar su longitud aproximada.

Para comprender lo que seguidamente vamos a explicar, creo muy conveniente saber por qué a nuestro sistema se le ha venido en llamar SISTEMA MÉTRICO DECIMAL.

La de SISTEMA no tiene nada de particular. No vale la pena extenderse en su significado. Indica que se trata de un «procedimiento» y nada más.

MÉTRICO. Por la sencilla razón de ser su base el metro, palabra cuyo significado es *medir* o *medida*.

DECIMAL. Por apoyarse en el número 10. Expliquémoslo: Cuando se trató de determinar las medidas mayores o menores del metro, se pensó, atinadamente que los cálculos de transformación debían de hacerse lo más sencillos posible. Sabemos que el número más sencillo de manejar es el 10. Las medidas del Sistema Métrico Decimal *van* todas de 10 en 10. Multiplicando por 10 o por uno de sus múltiplos (100, 1.000, 10.000, etc.) se obtendrán las medidas mayores que el metro. Si en lugar de multiplicar nos metemos a dividir, obtendremos las menores que el metro.

En resumidas cuentas, podemos decir que el SISTEMA MÉTRICO DECIMAL es un sistema de medidas cuya base es el metro y cuyas medidas mayores o menores son múltiplos o submúltiplos de 10.

¿CUALES SON LOS MULTIPLOS Y SUBMULTIPLOS DEL METRO?

Si la base es el número 10, el primero de los múltiplos deberá ser una medida igual a 10 metros. Tratándose de encontrar una palabra que venga a representar una dimensión de 10 metros, se recurrió al idioma griego, como tantas veces se ha hecho en la investigación científica.

La palabra griega que significa diez es DECA.

Añadiéndole el vocablo METRO tendremos la palabra compuesta DECÁMETRO. Hemos encontrado el primer múltiplo del metro.

Ahora, ¿cuál será el segundo? Indiscutiblemente uno que valga 100 metros. Es el HECTÓMETRO, ya que la palabra HECTA significa 100 en griego.

Para los múltiplos del metro se emplean las palabras griegas siguientes:

DECA	que significa 10.
HECTO	que significa 100.
KILO	que significa 1.000.
MIRIA	que significa 10.000.

Añadiendo a estas palabras el vocablo METRO tendremos:

DECA METRO	(Decámetro)	que vale	10 metros.
HECTO METRO	(Hectómetro)	que vale	100 metros.
KILO METRO	(Kilómetro)	que vale	1.000 metros.
MIRIA METRO	(Miriámetro)	que vale	10.000 metros.

De manera similar, vamos a deducir los submúltiplos. En el presente caso, trátase de encontrar unas dimensiones que representen longitudes 10, 100, 1.000 veces más pequeñas que el metro. Habrá observado que seguimos trabajando con el número 10 como base.

Si dividimos un metro en diez partes iguales, no cabe duda que a cada una de dichas partes las podremos llamar *una décima de metro*, o bien *una décima parte del metro*.

Si para los múltiplos hemos recurrido al idioma griego tratando de hallar palabras que significasen cada una de las medidas mayores, es lógico que procedamos del mismo modo con los submúltiplos, pero esta vez con vocablos latinos.

Las palabras válidas son las siguientes:

DECI: que significa décima parte o 10 veces menor.

CENTI: que significa centésima parte o 100 veces menor.

MILI: que significa milésima parte o 1.000 veces menor.

Añadiendo la palabra METRO:

DECI METRO: que vale 0'1 metros, o sea 1 metro dividido entre 10.

CENTI METRO: que vale 0'01 metros, o sea 1 metro dividido entre 100.

MILI METRO: que vale 0'001 metros, o sea 1 metro dividido entre 1.000.

Tales son los submúltiplos que podríamos llamar normales. Son suficientes para mediciones de relativa precisión. Un albañil o un ebanista rara vez necesita ajustar unas medidas más allá del milímetro. Dirán, por ejemplo, que una pieza mide 3 m, 24 cm y 6 mm; y en el caso de quedar una fracción de milímetro, la despreciarán tranquilamente sin que por ello se rompa una silla o se desmorone una pared.

Pero, amigo, no todo son sillas y paredes. Hay cosas mucho más complicadas y piezas de cuya exactitud puede depender el éxito de una máquina e incluso de una fábrica entera.

En los trabajos de precisión se recurre a dimensiones del orden de la décima, centésima y milésima de milímetro.

Si dividimos un milímetro en 10 partes iguales, a cada una de ellas la llamaremos una décima de milímetro. Si lo dividimos en 100 partes, una centésima; y una milésima si lo dividimos en 1.000.

Naturalmente que es imposible señalar en una regla graduada dimensiones tan pequeñas. Por eso el delineante, para mediciones tan sumamente pequeñas recurre a otros procedimientos físicos de los que hablaremos más adelante.

Por tanto:
una décima de mm = 1:10 = 0'1 mm
una centésima de mm = 1.100 = 0'01 mm
una milésima de mm = 1:1000 = 0'001 mm

UNIDADES DE LONGITUD DEL SISTEMA INGLES

La unidad de longitud del sistema inglés es la YARDA, que representa en el sistema inglés lo que el metro en el sistema decimal..., pero con muchísimas más complicaciones. Estas complicaciones provienen de que en el sistema inglés las unidades de orden superio e inferior no responden a múltiplos exactos de la yarda, y lo que es peor no son múltiplos ni divisores de 10.

De todas maneras este sistema de medidas, hoy por hoy muy extendido por el mundo en razón de la actividad técnica e industrial de Inglaterra y Estados Unidos, tiene sus días contados, pues su sustitución definitiva por el Sistema Métrico se está llevando ya a cabo en este último país y una reciente disposición del gobierno inglés prevé también su sustitución obligatoria después de un período de transición de unos diez años (hacia 1975).

Sin embargo, como todavía falta bastante tiempo para verlo convertido en realidad, se hace imprescindible que tengamos unas nociones del sistema inglés.

Lo más interesante para nosotros es saber que la yarda equivale a 915 mm, y que esta longitud dividida en treinta y seis partes iguales nos da otra unidad del sistema inglés que es la que con mayor frecuencia aparece en el dibujo técnico: la pulgada.

Esta unidad la encontraremos, sobre todo, cuando estudiemos los distintos tipos de roscas.

La pulgada sigue siendo de gran aplicación para el delineante. Equivale a 25'4 mm y se representa por dos comillas (").

La equivalencia en mm es: 1" = 25'4 mm.

Es fundamental para todo dibujante técnico conocer esta equivalencia. ¡No la olvide, que la usará continuamente!

¡¡Rápido!! ¿Cuánto vale una pulgada...? Respóndase usted mismo: 25'4 mm.

Usted ya comprende que esta dualidad de sistemas implica en muchos casos una transformación: de las medidas inglesas pasar a las equivalentes en nuestro sistema y viceversa.

Esta operación debe saberla todo delineante. Y, naturalmente, usted no va a ser menos. Vamos a entrar en ello.

En primer lugar, ha de saber que las medidas inferiores a la pulgada se dan siempre en fracciones de pulgada. Así, por ejemplo, se dice que una tubería tiene un diámetro de 3/4 de pulgada (3/4"). Para efectuar la transformación en milímetros, lo que deberemos hacer es: multiplicar el valor en milímetros de la pulgada, por 3/4. Tendremos:

$$3/4'' = \frac{25'4 \times 3}{4} = 19'05 \text{ mm.}$$

Ahora bien: las fracciones de pulgada se dan siempre en:

Mitades de pulgada 1/2"

Cuartos de pulgada 1/4" y 3/4"

Octavos de pulgada 1/8", 3/8", 5/8", y 7/8"

También en dieciseisavos y treinta y dos avos de pulgada. Estos órdenes de fracciones son los que se usan de modo exclusivo.

Para transformarlas en milímetros se procede siempre igual. Para que quede más claro, vamos a poner otro ejemplo, esta vez en octavos de pulgada. Transformaremos 5/8" en milímetros. Como antes, será:

$$5/8'' = \frac{25'4 \times 5}{8} = 15'87 \text{ mm.}$$

Le recomiendo que todas las operaciones que le vaya dejando indicadas, las realice usted en un papel. La mejor manera de aprender es *aprender haciendo*, y mi deseo es que siga todas las indicaciones con papel y lápiz a su alcance.

A continuación, como nota curiosa, le doy los derivados de la yarda, y su equivalencia con el Sistema Métrico Decimal. No es necesario que lo sepa de memoria. Mientras conozca su existencia, basta.

1 pulgada = 25'4 mm.

1 pie = 12 pulgadas = 305 mm.

1 yarda = 3 pies = 915 mm.

1 pértica = 5 ½ yardas = 5.020 mm

1 estadio = 40 pérticas = 201'17 m.

1 milla legal inglesa = 8 estadios = 1.609'4 m.

1 legua = 3 millas = 4.828 m.

Pero lo que no quiero es que en su vida profesional pierda un tiempo precioso haciendo cálculos inútiles. Por eso, como habrá observado, soy tan aficionado a proporcionarle tablas de cálculo. Esta vez serán las tablas necesarias para transformar milímetros en pulgadas y pulgadas en milímetros. Estas son las tablas:

TABLA DE TRANSFORMACION PARA VALORES INFERIORES A 1"

1/32"	0'79 mm	1/2"	12'70 mm
1/16"	1'59 »	9/16"	14'29 »
1/8"	3'17 »	5/8"	15'87 »
3/16"	4'76 »	11/16"	17'46 »
7/32"	5'56 »	3/4"	19'05 »
1/4"	6'35 »	13/16"	20'64 »
5/16"	7'94 »	7/8"	22'22 »
3/8"	9'52 »	15/16"	23'81 »
7/16"	11'11 »	1"	25'40 »

Ejemplo

¿Cuántos milímetros tiene un tubo de 1/4" de diámetro?

Solución

Buscamos en la tabla el valor de 1/4, que es:

1/4" = 6'35 mm.

Luego, 6'35 mm es el diámetro del tubo es cuestión.

Usted mismo, vaya poniéndose ejemplos hasta que se sienta familiarizado con esta primera tabla. ¡Y va la segunda!

TABLA DE TRANSFORMACION PARA VALORES SUPERIORES A 1"

2"	50'8 mm
3"	76'2 »
4"	101'6 »
5"	127'0 »
6"	152'4 »
7"	177'8 »
8"	203'2 »
9"	228'6 »
10"	254'0 »
11"	279'4 »
12"	304'8 »
13"	330'2 »
14"	355'6 »
15"	381'0 »
16"	406'4 »
17"	431'8 »
18"	457'2 »
19"	482'6 »
20"	508'0 »

Recuerde que las cantidades inferiores a la pulgada se expresan en forma de fracción, cuyos valores se han dado más adelante.

Pongamos ahora un ejemplo:

Expresar en pulgadas la longitud de 8 mm.

Si repasa la tabla anterior, se dará cuenta de que no hay ninguna fracción de pulgada cuyo valor sea exactamente de 8 mm. Dicho a la inversa: 8 mm no corresponden a ninguna de las fracciones de pulgada de las mencionadas en la tabla y que son las empleadas normalmente.

Lo que en estos casos se hace es dar simplemente el valor más aproximado. Se busca en la tabla el valor en mm más aproximado al que nos han dado. En este caso, siendo el 8 el número de milímetros que debemos transformar en pulgadas, vemos que el valor más aproximado que encontramos en la tabla es el de 7'94 milímetros.

En este caso, decimos que:

8 mm ≃ 5/16"

El signo ≃ indica *aproximadamente igual a*. O sea, que la expresión anterior se lee diciendo que: «Ocho milímetros son aproximadamente igual a 5/16 pulgadas.»

En los cálculos de transformación, la mayoría de las veces, no hay más remedio que dar los valores aproximados. ¡Y siempre es suficiente!

Otro ejemplo: Transformar 200 mm en pulgadas.

Surge un problema: ¡La tabla para transformar milímetros en pulgadas sólo llega a los 25'40 mm! ¿Qué hacer?...

No olvide que tenemos a nuestra disposición otra tabla. Con su ayuda, solucionaremos el problema.

Empecemos por buscar en la segunda tabla el valor en mm que más se acerca a los 200 dados, sin sobrepasarlos. Vemos que este valor es 177'80, que corresponde a 7".

Sabemos ya que en los 200 mm hay 7"... y pico. Nos falta encontrar este pico.

Para ello recurrimos a la primera tabla. Primero, restemos de los 200 mm los 177'80 correspondientes a las 7".

200 — 177'80 = 22'20 mm.

Busquemos en la primera tabla el valor en pulgadas de este resto y tendremos la fracción de pulgada que complementará las 7" encontradas con ayuda de la tabla segunda. Resulta que este nuevo valor es también aproximado. Vea que es de 7/8".

Por lo tanto. Si 7 son las pulgadas exactas y 7/8 la fracción de pulgada, el valor aproximado en pulgadas de 200 mm, será:

200 mm   7 7/8"

Supongo que estos ejemplos no se habrá limitado a leerlos, sino que me habrá seguido lápiz en ristre comprobando cada una de mis operaciones. No olvide mi consejo, primero que le he dado al empezar este curso: ¡Aprender haciendo!

TABLA DE TRANSFORMACION DE PULGADAS A MILIMETROS Y DE MILIMETROS A PULGADAS (DIN - 4890 - 4892 - 4893)

	0"	1"	2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	9"	10"	11"	12"	13"	14"	15"	16"	17"	18"	19"
0"	0	25,40	50,80	76,20	101,60	127,00	152,40	177,80	203,20	228,60	254,00	279,40	304,80	330,20	355,60	381,00	406,40	431,80	457,20	482,60
1/32"	0,79	26,19	51,59	76,99	102,39	127,79	153,19	178,59	203,99	229,39	254,79	280,19	305,59	330,99	356,39	381,79	407,19	432,59	457,99	483,39
1/16"	1,59	26,99	52,39	77,79	103,19	128,59	153,99	179,39	204,79	230,19	255,59	284,99	306,39	331,79	357,19	382,59	407,99	433,39	458,79	484,19
1/8"	3,17	28,57	53,97	79,37	104,77	130,17	155,57	180,97	206,37	231,77	257,17	282,57	307,97	333,37	358,77	384,17	409,57	434,97	460,37	485,77
3/16"	4,76	30,16	55,56	80,96	106,36	131,76	157,16	182,56	207,96	233,36	258,76	284,16	309,56	334,96	360,36	385,76	411,16	436,56	461,96	487,36
7/32"	5,56	30,96	56,36	81,76	107,16	132,56	157,96	183,36	208,76	234,16	259,56	284,96	310,36	335,76	361,16	386,56	411,96	437,36	462,76	488,16
1/4"	6,35	31,75	57,15	82,55	107,95	133,35	158,75	184,15	209,55	234,95	260,35	285,75	311,15	336,55	361,95	387,35	412,75	438,15	463,55	488,95
5/16"	7,94	33,34	58,74	84,14	109,54	134,94	160,34	185,74	211,14	236,54	261,94	287,34	312,74	338,14	363,54	388,94	414,34	439,74	465,14	490,54
3/8"	9,52	34,92	60,32	85,72	111,12	136,52	161,92	187,32	212,72	238,12	263,52	288,92	314,32	339,72	365,12	390,52	415,92	441,32	466,72	492,12
7/16"	11,11	36,51	61,91	87,31	112,71	138,11	163,51	188,91	214,31	239,71	265,11	290,51	315,91	341,31	366,71	392,11	417,51	442,91	468,31	493,71
1/2"	12,70	38,10	63,50	88,90	114,30	139,70	165,10	190,50	215,90	241,30	266,70	292,10	317,50	342,90	368,30	393,70	419,10	444,50	469,90	495,30
9/16"	14,29	39,69	65,09	90,49	115,89	141,29	166,69	192,09	217,49	242,89	268,29	293,69	319,09	344,49	369,89	395,29	420,69	446,09	471,49	496,89
5/8"	15,87	41,27	66,67	92,07	117,47	142,87	168,27	193,67	219,07	244,47	269,87	295,27	320,67	346,07	371,47	396,87	422,27	447,67	473,07	498,47
11/16"	17,46	42,86	68,26	93,66	119,06	144,46	169,86	195,26	220,66	246,06	271,46	296,86	322,26	347,66	373,06	398,46	423,86	449,26	474,66	500,06
3/4"	19,05	44,45	69,85	95,25	120,65	146,05	171,45	196,85	222,25	247,65	273,05	298,45	323,85	349,25	374,65	400,05	425,45	450,85	476,25	501,65
13/16"	20,64	46,04	71,44	96,84	122,04	147,64	173,04	198,44	223,84	249,04	274,64	300,04	325,44	350,84	376,04	401,64	427,04	452,44	477,84	503,04
7/8"	22,22	47,62	73,02	98,42	123,82	149,22	174,62	200,02	225,42	250,82	276,22	301,62	327,02	352,42	377,82	403,22	428,62	454,02	479,42	504,82
15/16"	23,81	49,21	74,61	100,01	125,41	150,81	176,21	201,61	227,01	252,41	277,81	303,21	328,61	354,01	379,41	404,81	430,21	455,61	481,01	506,41

PRACTICAS 2

EJERCICIO DE CROQUIZACION A PULSO

ENUNCIADO DEL EJERCICIO N.° 3



CROQUIZAR A MANO ALZADA EL PLANO DE CONJUNTO DE UNA MESITA ÁUXILIAR.

Este es el enunciado escueto de la cuestión, cuya solución implica, ante todo, una práctica previa que haya llevado al dibujante a una seguridad absoluta en el trazo. El lápiz debe recorrer el camino justo para que la línea que proporcione tenga la extensión, dirección y dimensión que el croquis requiere.

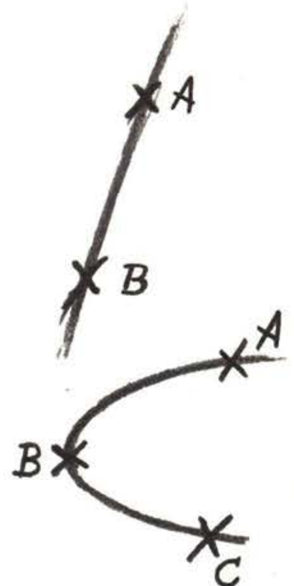
Seguridad en el trazo y visión clara de las proporciones del modelo son los dos factores primarios que hacen posible la realización rápida y perfecta de un croquis.

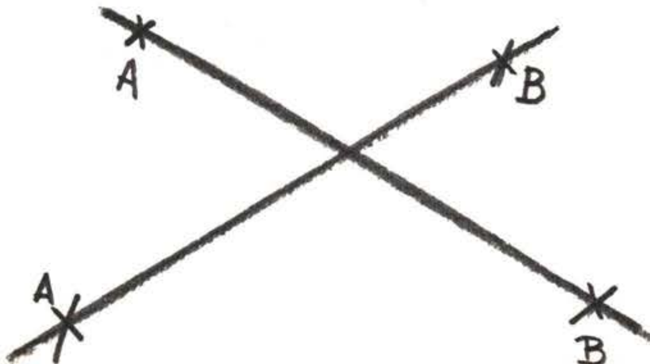
EJERCICIO PREVIO PARA ADQUIRIR SEGURIDAD EN EL TRAZO

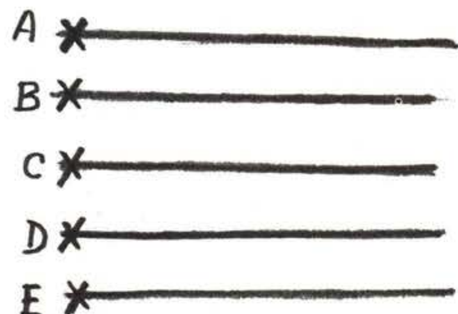
Tener seguridad en el trazo consiste en dominar el lápiz de forma que su punta se dirija hacia donde quiere el dibujante y no donde quiera ella. Para lograrlo, debe procederse de forma similar a cómo se recomienda a quién está aprendiendo a montar en bicicleta. Está comprobado que si el novel biciclista se obsesiona en mirar la rueda directriz, pierde la dirección con suma facilidad. Hay que mirar, no la rueda, sino el trayecto a seguir.

Igual con el lápiz. No debe mirar la punta, sino el punto donde debe dirigirse el trazo.

Sobre un papel cualquiera, sitúe dos o más puntos y partiendo de uno de ellos intente unirlos mediante un solo trazo. Con seguridad; mirando no la punta sino el punto al que debe dirigirse. Primero hágalo mediante líneas rectas, luego, ejercítese en unir tres o más puntos con una curva contínua.







FORMA DE PROCEDER



Antes de croquizar, deberemos saber cuáles son las vistas que requiere el futuro plano cuyo croquis vamos a dibujar. Para ello necesitamos situarnos ante el modelo y proceder a su análisis visual. Esta mesita presenta una cara de interés superior: la que contiene la parte frontal del cajón, cara que, lógicamente, deberemos escoger como vista frontal, vista principal o alzado frontal que de las tres maneras podemos llamarla. Las vistas 2, 3 y 4 indicadas en la fotografía mediante flechas, corresponderán en consecuencia a la vista lateral, a la posterior y a la superior respectivamente.

ALZADO FRONTAL Y ALZADO POSTERIOR

El alzado frontal, por ser la vista principal, será la que nos de la planta para proporcionar el dibujo de las demás vistas en alzado.

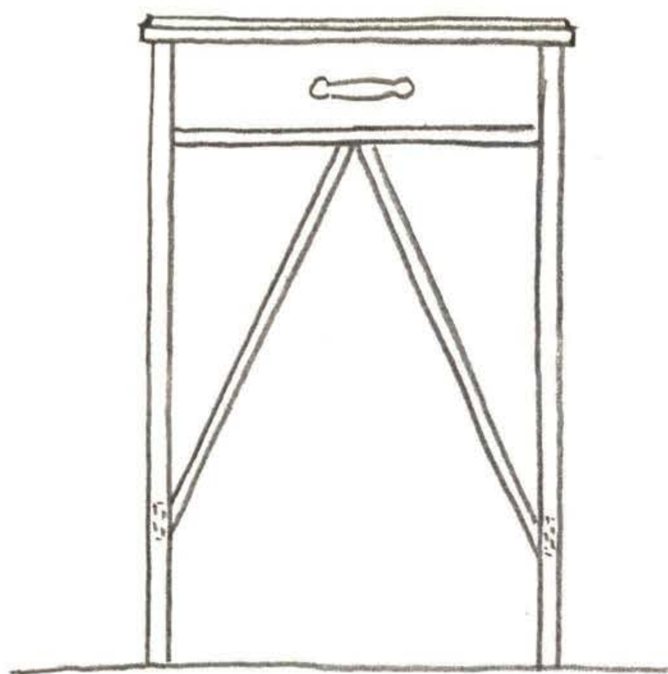
Empezaremos, pues, por trazar la vista frontal. En ella (observe la fotografía) tendremos en posición de vista el borde anterior del tablero de la mesa, la cara frontal del cajón, el grueso frontal de las patas y la cara anterior de las dos piezas inclinadas que forman la trabazón de las dos patas posteriores.

Observe en la primera fotografía de este *tema* como la vista posterior de la mesa resulta casi idéntica a la vista frontal. Desaparecen los límites del cajón y quedan indicadas por líneas de trazo las *mechas* que fijan a las patas y parte superior del cuerpo del cajón, las piezas inclinadas.

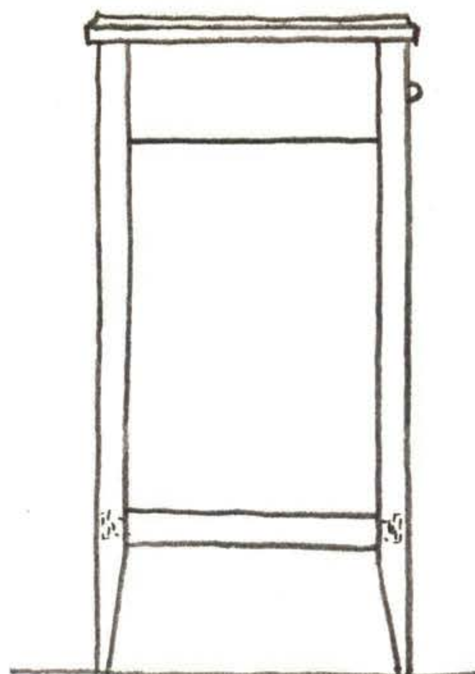
ALZADO LATERAL

No tiene ninguna complicación. Vea la foto y sitúese mentalmente dando frente a la cara lateral de la mesita. Su mirada debería seguir la dirección que indica la flecha 2. La única cosa digna de mención es la indicación por medio de líneas de trazo (puesto que se trata de formas ocultas) de las mechas que sujetan el travesaño a las patas de la mesa. Observe también como en la pata que corresponde a la parte posterior del mueble, se ha indicado también con líneas de trazo de unión de la pieza, precisamente para aclarar la circunstancia de que esta pieza queda situada entre las dos patas posteriores.

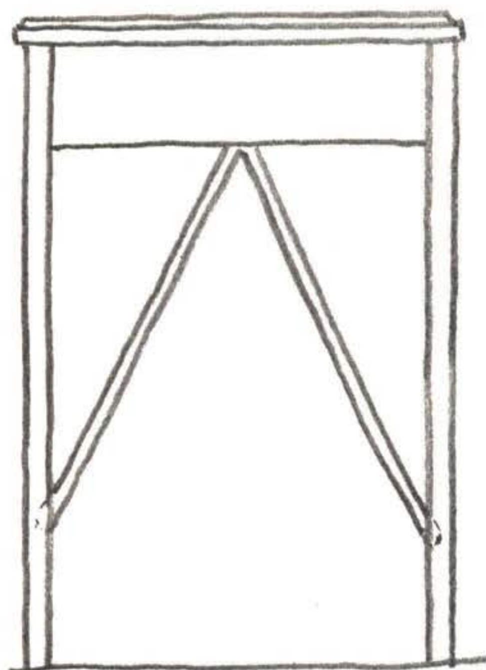
En cuanto a la vista superior, tampoco ofrece problemas. Basta trazar el recuadro más exterior y señalar las aristas que forma la moldura que recuadra el tablero. En esta vista queda indicada la situación en planta de las cuatro patas. Vea como también se ha recurrido a las líneas de trazo, como siempre que se trata de formas ocultas.



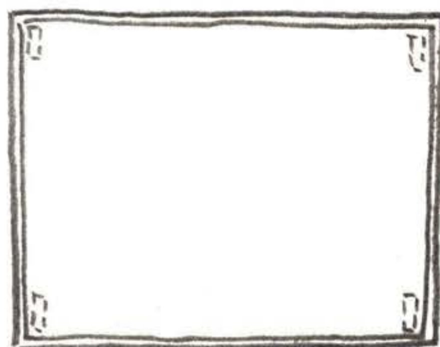
Vista frontal



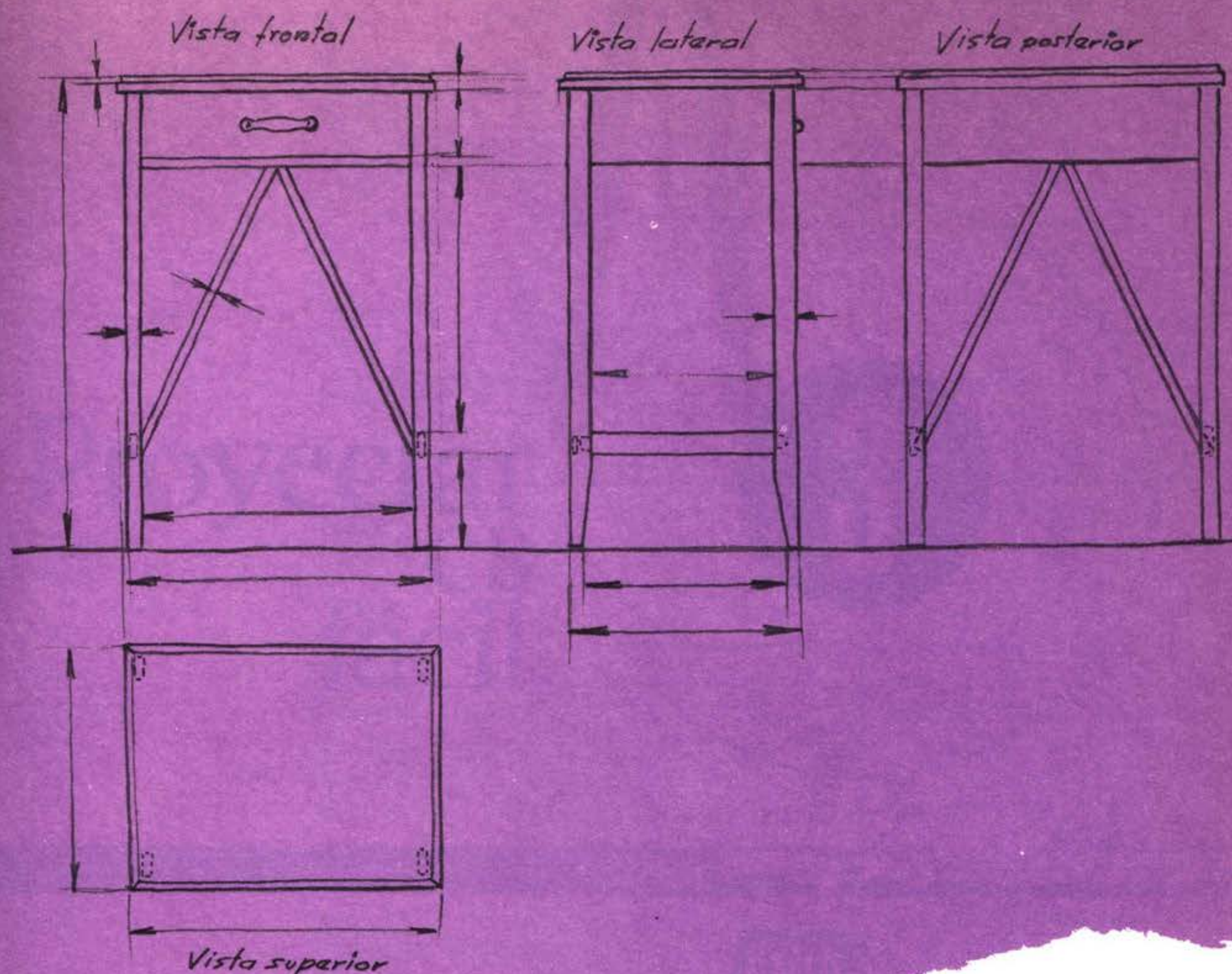
Vista lateral



Vista posterior



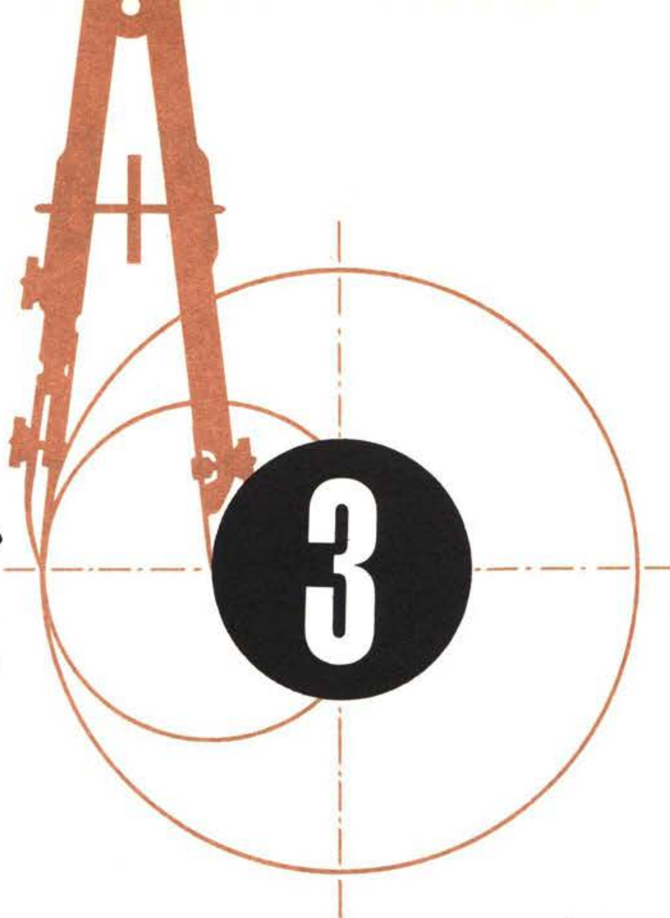
Vista superior



Tomar medidas es una necesidad ineludible para la realización de todo plano. Sin medidas anotadas de una u otra forma no hay sistema de conocer el tamaño real de lo que se ha dibujado. Existen una serie de normas que controlan la manera correcta de indicar las medidas del objeto. De momento sepa que las medidas deben situarse, siempre que sea posible, exteriormente al dibujo mediante líneas de referencia, limitando por medio de flechas la distancia cuya medida se indica. En este croquis, si bien no se han indicado los valores numéricos de las medidas, si quedan indicadas las flechas que señalarían el alcance de estos valores.

En esta página aparecen las cuatro vistas del modelo debidamente croquizadas. El croquis del plano de conjunto solo requiere la justa situación de estas cuatro vistas y saberse mantener dentro de las proporciones del modelo. Vea también como todas las vistas quedan relacionadas entre sí mediante trazos horizontales y verticales que limitan las alturas y las anchuras.

Proyectar es fácil





AFHA

DIBUJO TECNICO

Lección 2
DIBUJO GEOMETRICO
Ejercicios con la regla y el compás

Lección 3
DIBUJO TECNICO
Proyecciones ortogonales diédricas
Proyecciones ortogonales triédricas
Proyecciones axonométricas

Lección 2
FISICA
Instrumentos para medir longitudes

Lección 3
PRACTICAS
Ejercicios 4 y 5

dibujo geométrico 2

EJERCICIOS CON LA REGLA Y EL COMPAS

La posibilidad de conseguir un plano completo depende de una serie de construcciones primarias que, convenientemente encadenadas, forman un conjunto de figuras previamente pensadas, y que relacionadas entre sí nos dan la forma definitiva del objeto a construir y que ha motivado el plano.

Hay una serie de construcciones que rara vez dejan de aparecer en un plano medianamente complicado. Por ejemplo: no hay plano que no lleve consigo el trazado de paralelas, de curvas empalmadas, de tangentes; que no represente trazar perpendiculares a unos puntos determinados de algunas rectas. Es seguro que algunas veces se encontrará con ángulos cuya bisectriz deberá trazar para poder seguir con el dibujo.

Estas construccionaes primarias, sin las cuales no hay sistema de dibujar un plano con precisión, deberemos estudiarlas por separado para saber aplicarlas cuando a lo largo de la realización de un dibujo técnico nos encontramos ante la necesidad de aplicarlas en el conjunto.

Bajo el título de *ejercicios con la regla y el compás*, vamos a conocer una serie de construcciones y problemas gráficos que, por su reiterada aparición dentro de la práctica del dibujo técnico, todo delineante debe conocer. Pero, antes de empezar, quizá resulte conveniente poner en claro un detalle de tipo psicológico que por experiencia sabemos que acostumbra preocupar al estudiante: el detalle de la memoria.

Cuando lleve estudiados diez o doce de estos problemas gráficos, lo más probable es que no recuerde la totalidad de las construcciones. Entonces surge la preocupación por una supuesta falta de memoria que lleva al desaliento al pensar que nunca se podrá recordar tantas cosas y que, por lo mismo, siempre estaremos incapacitados para solucionar un plano algo complicado. Todo eso es normal. La memoria requiere un cultivo que consiste únicamente en la práctica continuada.

De estos problemas gráficos algunos, por su aparición constante, llegarán a serle tan familiares como el leer o escribir; los recordará sin ningún esfuerzo. Otros, en cambio, por ser casos de poca aparición, es muy posible que llegue a olvidarlos. Pero no debe preocuparse. No hay ningún novel que en un momento determinado recuerde, por ejemplo, la construcción de todos los polígonos regulares. Y no sólo un novel, sino que afirmo que el más experimentado de los delineantes se ve precisado a consultar sus primeros libros de dibujo con mayor frecuencia de la que se pueda pensar.

Resolveremos algunos problemas gráficos que, con las construcciones de los polígonos regulares que veremos en la próxima lección, constituyen la base para poder dibujar un plano. Por lo tanto, ningún delineante puede ignorar estas construcciones.



Graf. a

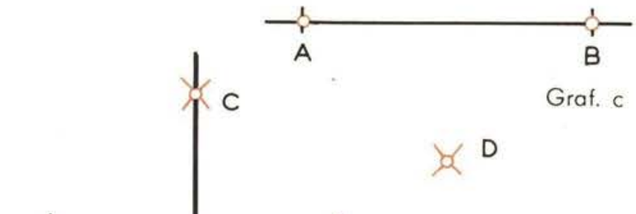
1. TRAZAR UNA PERPENDICULAR EN EL PUNTO MEDIO DE UN SEGMENTO DADO.

Sea el segmento A B *(a)* el segmento dado. Con el compás hacemos centro en el punto A del segmento; y con una abertura cualquiera, pero que a simple vista se aprecie mayor que la mitad del segmento, trazamos dos arcos de circunferencia, uno por encima y otro por debajo. Tendremos lo que indica el gráfico *b* de esta explicación.



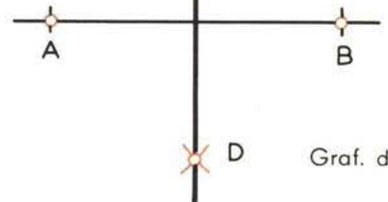
Graf. b

Acto seguido, *y sin modificar la abertura del compás*, hacemos la misma operación con centro en el punto B. Los nuevos arcos cortarán a los anteriores, con lo que obtendremos los puntos C y D. Puede verlo en el siguiente gráfico *c*.



Graf. c

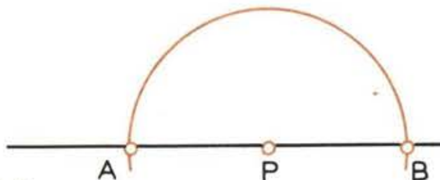
Por los puntos C y D pasará la perpendicular que buscamos. Véala en *(d)*.



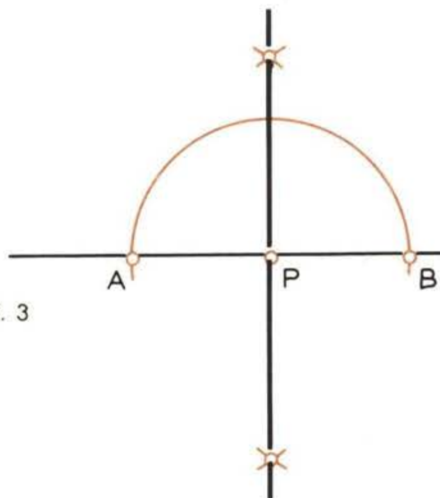
Graf. d



Graf. 1



Graf. 2



Graf. 3

2. TRAZAR UNA PERPENDICULAR A UNA RECTA DE FORMA QUE PASE POR UN PUNTO DETERMINADO DE LA MISMA.

Supongamos una recta *r* y en ella un punto P. Queremos trazar una perpendicular a la recta que pase precisamente por este punto.

Tomamos el compás y, con centro en P, trazamos una semicircunferencia de radio «cualquiera» que nos determinará sobre la recta dos puntos: A y B. Evidentemente, el punto P es el punto medio del segmento A B encontrado (gráfico 2 de esta explicación), y el problema quedará resuelto trazando la perpendicular que pase por el punto medio del segmento A B, que es lo que hemos visto en el problema anterior. Procedemos como hemos explicado y ¡listos! (Vea gráfico 3.)

3. **Trazar una perpendicular a una recta desde un punto no situado en ella.**

Sea la recta *r* y un punto P exterior a ella. (Figura *a* de este problema.)

Con centro en P, trazamos un arco de circunferencia que corte la recta dada en dos puntos tales como A y B. Es evidente que la distancia A P es igual a la B P, puesto que tanto A P como B P son iguales al radio del arco trazado con centro en P. Luego, este punto equidista de A y de B y por la misma razón el punto P estará en la perpendicular que pase por el punto medio del segmento A B. Si trazamos esta perpendicular, cosa que ya hemos aprendido, tendremos resuelto el problema, porque esta perpendicular pasará por P. Véalo resuelto en la figura *c* del problema.



r

Fig. a



r

A B

Fig. b

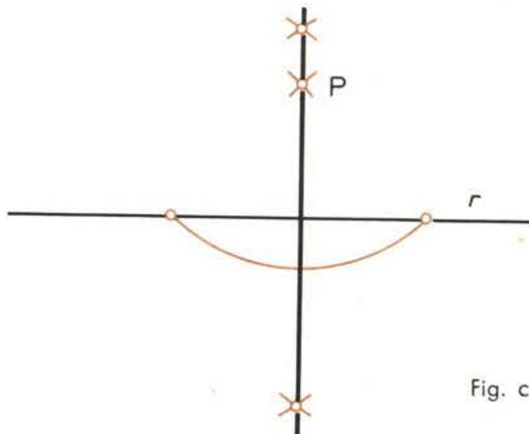


Fig. c

Graf. 1

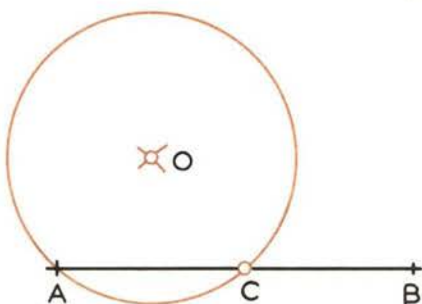




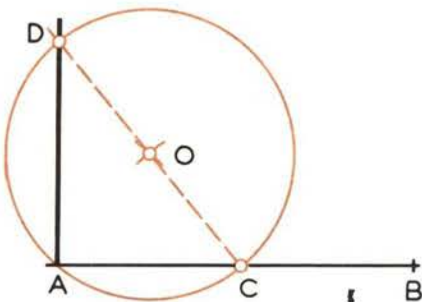
Graf. 2



Graf. 3



Graf. 4



4. **Trazar la perpendicular en el extremo de un segmento dado.**

Sea el segmento A B y supongamos que nos interesa trazar la perpendicular que pasa por su extremo A. (Gráfico 1.)

Señalemos un punto cualquiera que no pertenezca al segmento dado, como por ejemplo el punto O (gráfico 2). Con centro en él y con radio O A, trazaremos una circunferencia que, naturalmente, pasará por A y nos señalará un nuevo punto *(c)* sobre el segmento.

Trazando ahora la recta que a partir de C pase por O, cortaremos la circunferencia en un punto D. Y si trazamos la recta que pasa por D y A, tendremos la perpendicular pedida, como queda indicado en el gráfico 3 perteneciente a este problema.

Si la perpendicular nos interesara en el extremo B, operaríamos exactamente igual, pero trazando la circunferencia que pasara por B.

Dejemos por un momento el compás y vayamos a solucionar tres problemas con sólo la ayuda de la escuadra y el cartabón. Son problemas que se presentan con mucha frecuencia y que, ciertamente, también pueden solucionarse con la ayuda del compás. Sin embargo, el delineante profesional prefiere resolverlos con sólo escuadra y cartabón porque resulta mucho más rápido.

5. Trazar una paralela a una recta dada y que pase por un punto también dado.

Tenemos la recta *r* y el punto P de la primera figura de esta solución. Debemos trazar por P una recta paralela a la ya trazada *r*. Para ello haga lo siguiente:

Tome el cartabón y sitúelo como indica el segundo gráfico de nuestra explicación, de forma que el lado más largo de los dos que forman el ángulo recto quede completamente *apoyado* en la recta *r*. A continuación tome la escuadra y colóquela conforme indica la siguiente figura (3), de modo que su lado más largo se apoye en el más corto del cartabón.

Deslice ahora dicho instrumento hasta que quede en contacto con el punto P (figura 4) y siga con el lápiz el lado A B del cartabón.

Retírelo y habrá obtenido la figura 4: una paralela a la recta *r*, que pasa precisamente por el punto P. ¿No era eso lo que buscábamos? ¡Pues ya lo tenemos!



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

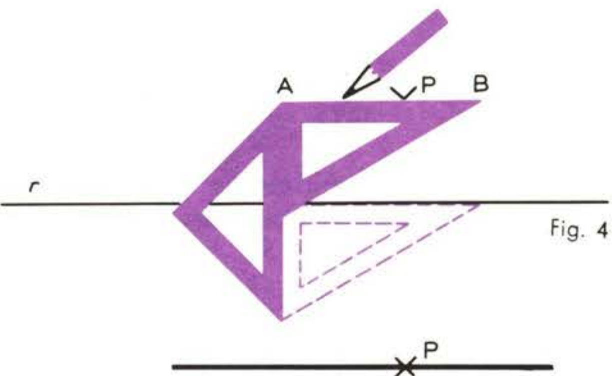
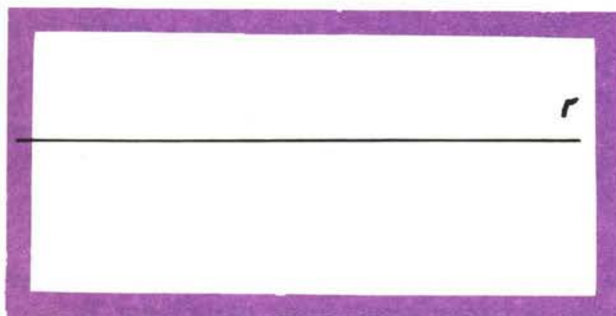


Fig. 4

Graf. a

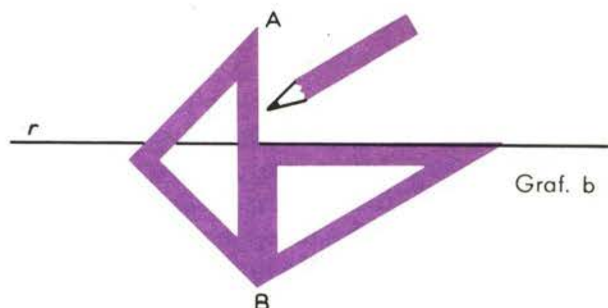


6. Trazar una paralela a una recta dada y a una distancia determinada.

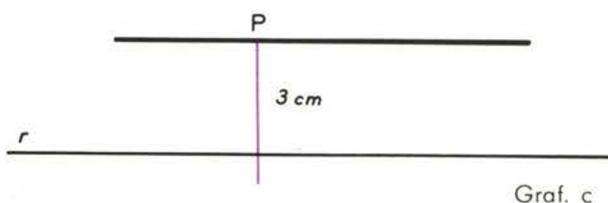
Tenemos la recta *r* (gráfico *a*) y necesitamos una paralela a la misma, a una distancia de 3 cm por ejemplo.

Empezaremos por colocar escuadra y cartabón en la forma que indica el gráfico *b* a fin de trazar una perpendicular sobre la recta dada *r*. Apartando el cartabón seguiremos con el lápiz el lado A B de la escuadra, con lo que tendremos una perpendicular, sobre la que señalaremos la distancia de 3 cm pedida, como indica la siguiente figura. (Gráfico *c*.)

Y, ya, el problema queda resuelto trazando una paralela por el punto P que señala los 3 cm de distancia a la recta *r*. Lo haremos conforme a lo indicado en el anterior problema.



Graf. b



Graf. c



Fig. a

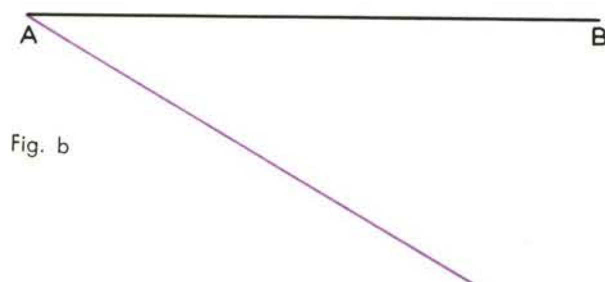


Fig. b

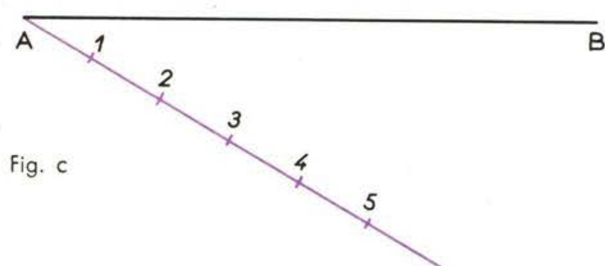


Fig. c

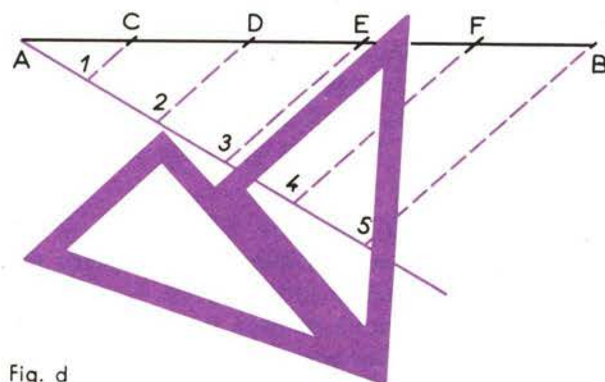


Fig. d

7. Dividir un segmento en un número determinado de partes iguales.

Sea el segmento de la figura *a* el que debemos dividir en un número de partes iguales. Supongamos que son cinco las partes en que debemos dividirlos.

Empezaremos por trazar una recta que partiendo de A forme un ángulo cualquiera con *r (b)*. Sobre esta recta y a una distancia prudente del vértice A trazaremos una señal, 1. Tomando el compás y abriéndolo desde A hasta 1, lo centraremos en este punto 1 y marcaremos la señal 2. Desde 2, la 3 y así sucesivamente, hasta encontrar tantas divisiones como sean precisas. En nuestro caso, hemos quedado en que nos interesaban cinco partes iguales. Puede verlas en *c*.

Unimos ahora el último punto encontrado sobre la recta auxiliar con el punto B del segmento dado, con lo que conseguimos la recta 5 B. Y con la ayuda de escuadra y cartabón, trazamos paralelas a esta recta (5 B) desde los puntos 4, 3, 2, 1, según el procedimiento estudiado ahora mismo. Con ello tendremos sobre el segmento A B los puntos C, D, E, F, que con las iniciales A y B dividen el segmento dado en cinco partes iguales, que es lo que nos habíamos propuesto. (Figura *d*.)

8. Sobre una recta dada, construir un ángulo dado.

La figura 1 de este problema nos muestra una recta *r* y un ángulo A. Se trata de construir el ángulo sobre la recta.

Para ello empezaremos por señalar un punto P en la recta *r* y, con una abertura de compás cualquiera, trazaremos un arco de circunferencia. Sin perder la abertura del compás, trazaremos otro arco haciendo centro en el vértice del ángulo A dado. Es lo que tenemos en la segunda figura del problema. El arco en el ángulo señala sobre sus lados los puntos M y N.

Con el compás tomamos la medida M N y la trasladamos sobre el arco de la recta, apoyando el punto Q y señalando el punto R. (Figura 3.)

Uniendo P con R tendremos el lado del ángulo que debíamos construir sobre la recta *r*, que será igual al ángulo dado A. (Figura 4.)

Fig. 1

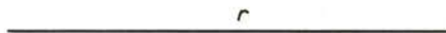


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4



9. Trazar la bisectriz de un ángulo dado.

Si de la lección anterior recuerda usted lo que es la bisectriz de un ángulo, comprenderá que el problema quedará resuelto en cuanto hayamos dividido el ángulo dado en dos partes iguales.

Para ello empezaremos por trazar con el compás, y desde el vértice como centro, un arco de circunferencia que corte en M y N los lados del ángulo dado A (figura *a*), según queda indicado en la figura *b*.

Sin perder la abertura del compás, y con centro en M y N sucesivamente, trazaremos dos nuevos arcos que se cortarán en el punto P (véalo en la figura *c*), el cual, unido con el vértice, nos dará la bisectriz deseada. Es la figura *d* de nuestro problema.



Fig. a

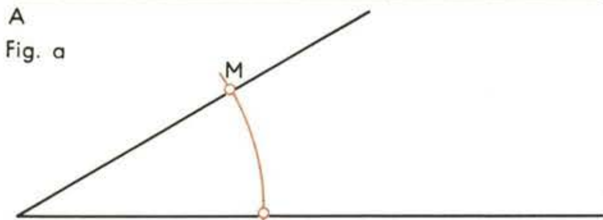


Fig. b

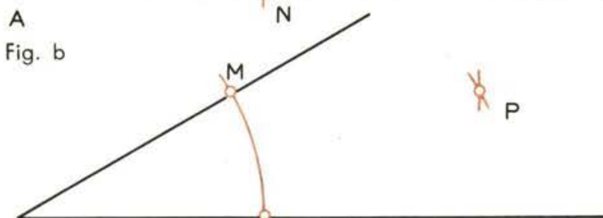


Fig. c

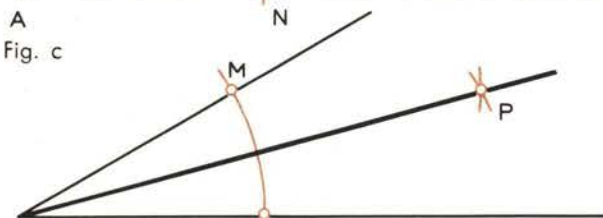
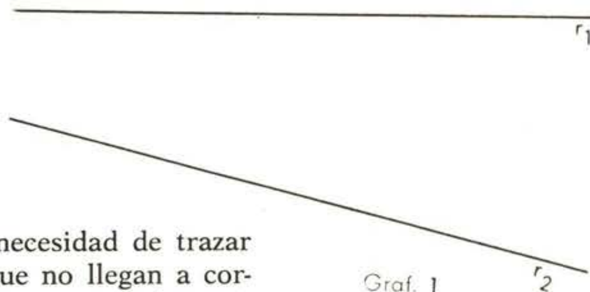


Fig. d

10. Trazar la bisectriz de dos rectas concurrentes que no llegan a cortarse dentro del dibujo.

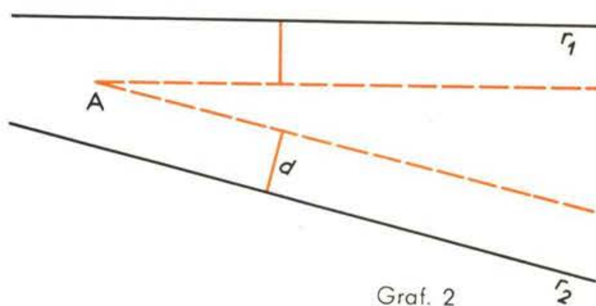


Graf. 1

Ocurre muchas veces que en un plano tenemos necesidad de trazar la bisectriz de dos rectas que forman ángulo pero que no llegan a cortarse dentro del plano. Es decir: que en el plano no tenemos determinado el vértice de este ángulo. Tal ocurre con las rectas r_1 y r_2 del gráfico 1 perteneciente a este problema.

Para encontrar su bisectriz operaremos de la siguiente forma:

Trazaremos una paralela a la recta r_1 a una distancia prudencial de ella. Para ello podemos emplear el procedimiento de la escuadra y cartabón ya estudiado.

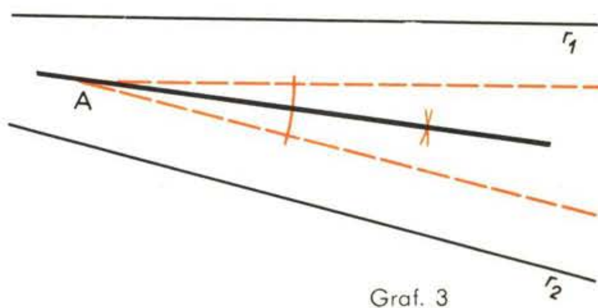


Graf. 2

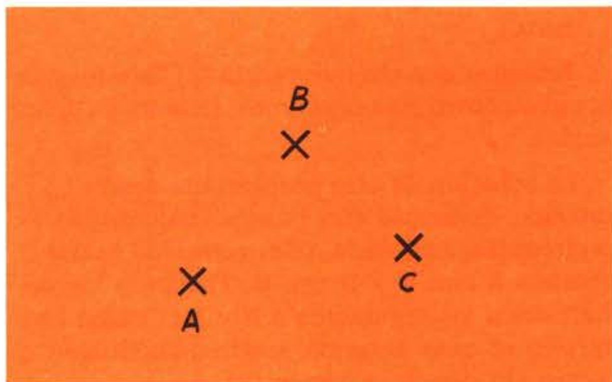
Por el mismo sistema trazamos otra paralela, pero esta vez a la recta r_2 y de forma que la distancia *d* que separa la paralela primeramente trazada de la recta r_1 sea la misma que la que separa la segunda paralela de la recta r_2.

Al trazar estas paralelas lo haremos teniendo en cuenta que, por su separación a las rectas dadas, lleguen a cortarse en un punto que sí estará representado en el plano y que señalamos con A. (Gráfico 2.)

Se trata finalmente de encontrar la bisectriz del ángulo que hemos formado entre las dos rectas del problema, cosa que hacemos siguiendo el sistema estudiado en el problema 9. Esta bisectriz será también la que corresponde a las rectas concurrentes dadas. (Gráfico 3.)



Graf. 3



11. Dados tres puntos que no están en línea recta, trazar la circunferencia que pase por estos tres puntos.

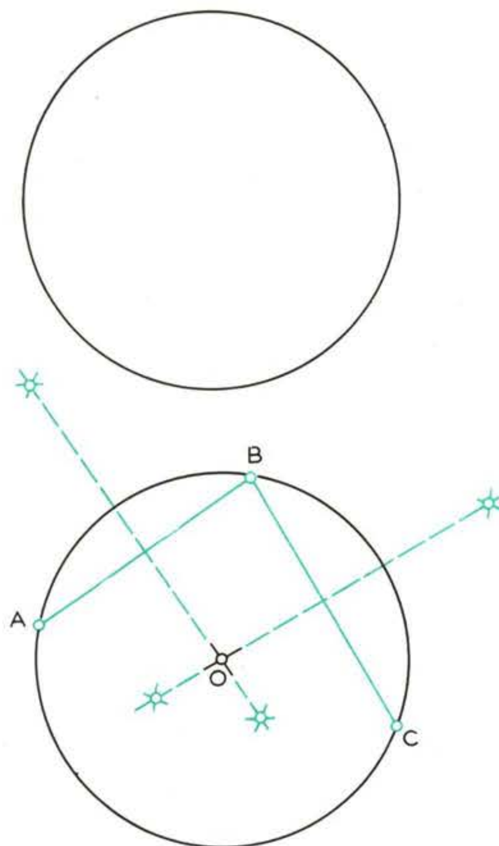
Sean los puntos A, B y C, que no están en línea recta. Se trata de hallar la circunferencia que pase por los tres, o, lo que es lo mismo, de hallar el centro de dicha circunferencia.

Empezaremos por unir A con B y B con C (figura *a* de esta explicación). A continuación trazaremos la perpendicular en el punto medio de los segmentos A B y B C, llamada también mediatriz. Estas dos mediatrices o perpendiculares en el punto medio, se cortarán en un punto (figura *b*). Pues bien: ¡este punto es el centro de la circunferencia que buscamos!

Haciendo centro en O, trazaremos una circunferencia que pase por cualquiera de los tres puntos A, B y C. Si pasa por uno de ellos, también pasará por los demás... que es lo que nos interesa.



Graf. 1



Graf.



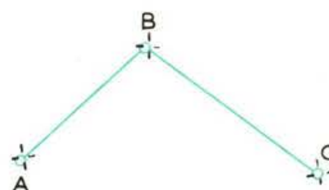


Fig. a

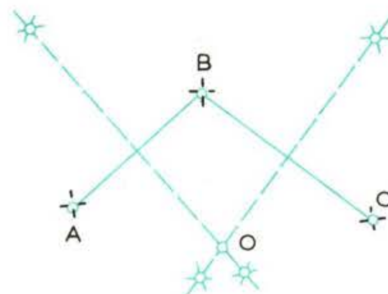


Fig. b

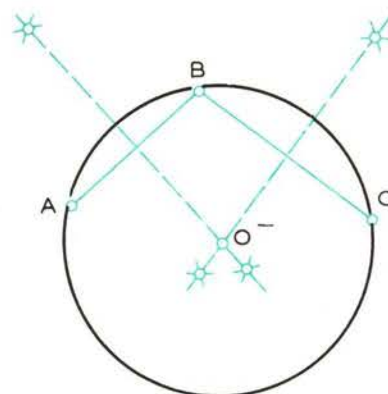


Fig. c



12. Hallar el centro de una circunferencia dada.

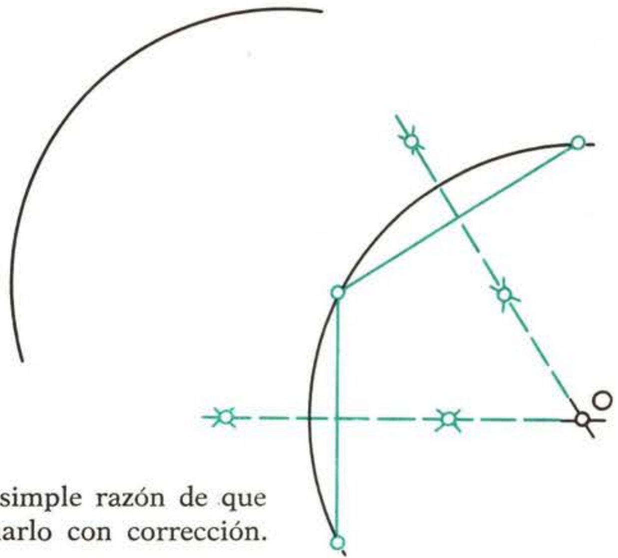
Tenemos una circunferencia (1), la situación de cuyo centro desconocemos. Debemos encontrarlo.

La solución de este problema se apoya en el anterior. Tomemos tres puntos cualesquiera de la circunferencia dada, tales como los A, B y C. Unamos A con B y B con C. Trazando las mediatrices a los segmentos A B y B C, como hicimos en el caso anterior, tendremos situado el centro allí donde se corten (2).

13. Hallar el centro que ha servido para trazar un arco de círculo dado.

Es un caso particular del problema anterior. La única diferencia está en que allí teníamos una circunferencia completa y en este caso tenemos sólo parte de ella. La solución, empero, es exactamente igual:

Tomamos tres puntos del arco, los unimos y trazamos las mediatrices de los dos segmentos resultantes.



Finalmente incluímos aquí un problema por la simple razón de que son necesarias pulcritud y exactitud para solucionarlo con corrección. Se trata de dibujar una espiral de Arquímedes.

Una espiral es una forma geométrica que se adapta a muchas formas técnicas (tornillos, escaleras de caracol, volutas, etc.); la que trataremos de dibujar se llama de Arquímedes por haber sido desarrollada por este gran físico griego.

14. Trazar una espiral de Arquímedes.

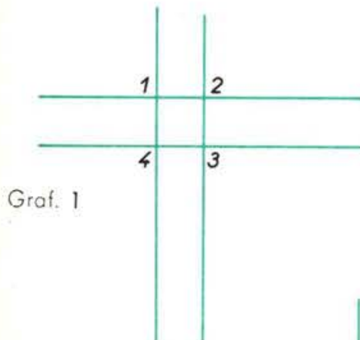
Se empieza por trazar un cuadrado con sus lados prolongados. (Gráfico 1.)

A continuación, y haciendo centro en el vértice 1 del cuadrado, trazamos el arco de circunferencia de radio 1 - 4. (Gráfico 2.)

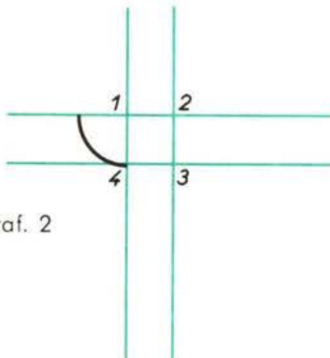
Luego, hacemos centro en el siguiente vértice del cuadrado (el 2) y trazamos un nuevo arco de circunferencia. Véalo claramente trazado en el gráfico 3 de este problema.

Del vértice 2 pasamos al 3. ¡Nuevo arco! (gráfico 4) y, siguiendo el mismo *juego*, trazamos un nuevo arco con centro en el vértice 4.

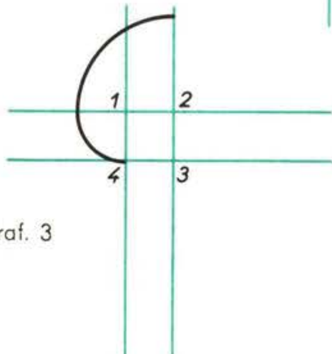
Se comprende fácilmente que podemos seguir hasta que nos cansemos centrando de nuevo el compás en 1, luego en 2, en 3, en 4 y vuelta a empezar si nos conviene.



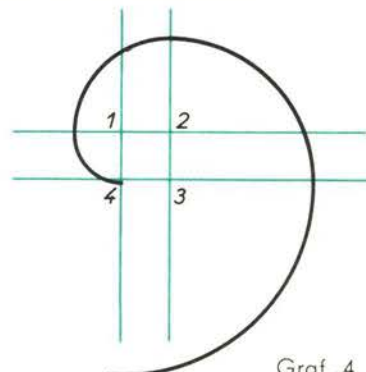
Graf. 1



Graf. 2



Graf. 3



Graf. 4



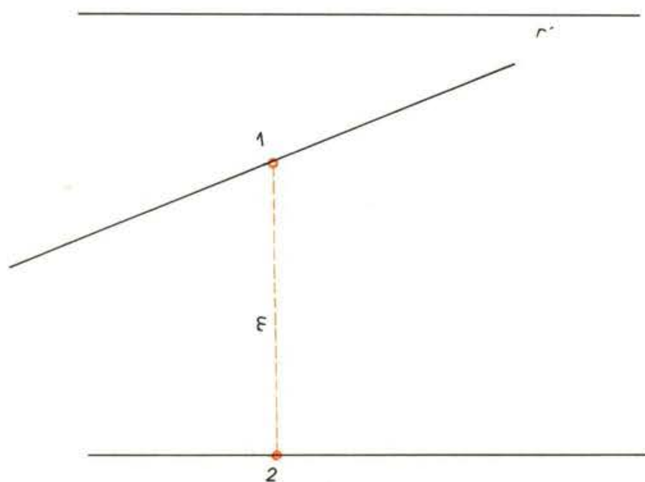
15. Otro sistema para trazar la bisectriz de un ángulo cuyo vértice queda fuera del plano.

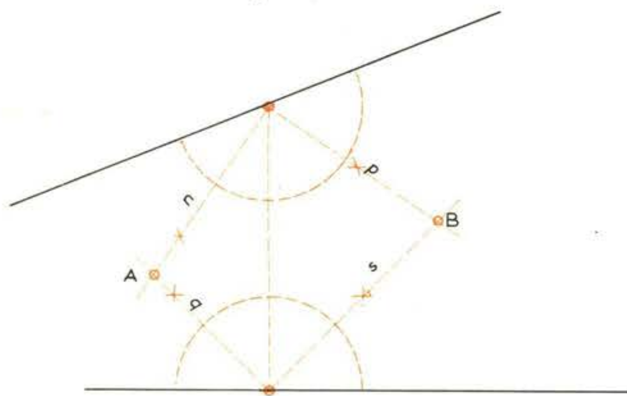
Sean r y r' los dos lados del ángulo cuyo vértice no tenemos situado en el plano.

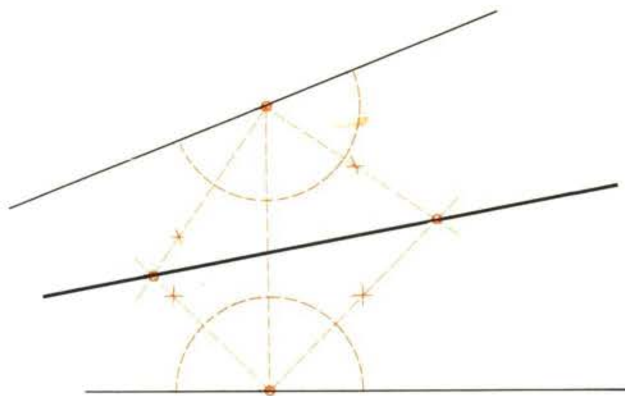
Mediante una recta auxiliar unimos dos puntos cualesquiera de las dos rectas dadas. Sean, por ejemplo, 1 y 2 los dos puntos que unimos por medio de la recta m. Esta recta forma con r y r cuatro ángulos, de los cuales podemos trazar la bisectriz.

Para ello trazaremos una semicircunferencia con centro en 1 y otra con centro en 2.

Por el sistema conocido trazamos las bisectrices de los cuatro ángulos formados, que serán las rectas n, p, q y s. Estas bisectrices se cortan en los puntos A y B. Uniendo estos puntos por una recta, habremos encontrado la bisectriz deseada.







dibujo técnico 3

PROYECCIONES: Concepto de proyección. Proyecciones ortogonales diédricas y triédricas. Proyecciones axonométricas.

Si repasa el capítulo de dibujo técnico estudiado en la segunda lección verá que lo que llamábamos *vista* de una pieza, de un edificio o de cualquier objeto era la forma que tomaba de acuerdo con nuestra situación respecto al modelo.

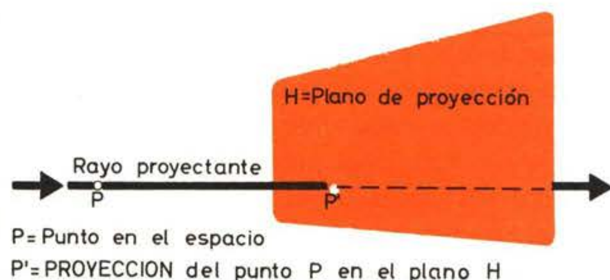
Una vista siempre se toma considerando que el modelo está en su posición normal; por ello podemos hablar de vista frontal, lateral, superior, etc. Trabajando con vistas no podemos decir, por ejemplo, vista de medio perfil, o vista de la pieza inclinada. En cambio una proyección puede representar cualquier posición de la pieza, siendo ésta la diferencia más perceptible entre vista y proyección.

Hoy vamos a dar un nuevo paso en lo que hace referencia a la representación de un cuerpo en el plano del dibujo. Pero no lo haremos en cuanto al punto de vista escogido, sino en relación al PLANO DE PROYECCIÓN de que nos valemos para la representación de un cuerpo o parte del mismo.

Repetimos que en una proyección no es la situación de la pieza respecto a nuestro punto de visto lo que debe considerarse, sino la posición del llamado plano de proyección respecto a la pieza proyectada.

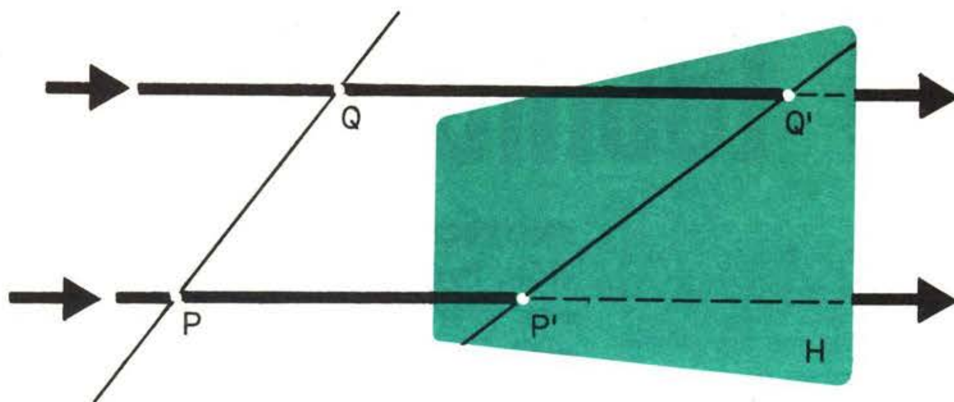
CONCEPTO DE PROYECCION

PROYECCION DE UN PUNTO Y DE UNA SUPERFICIE



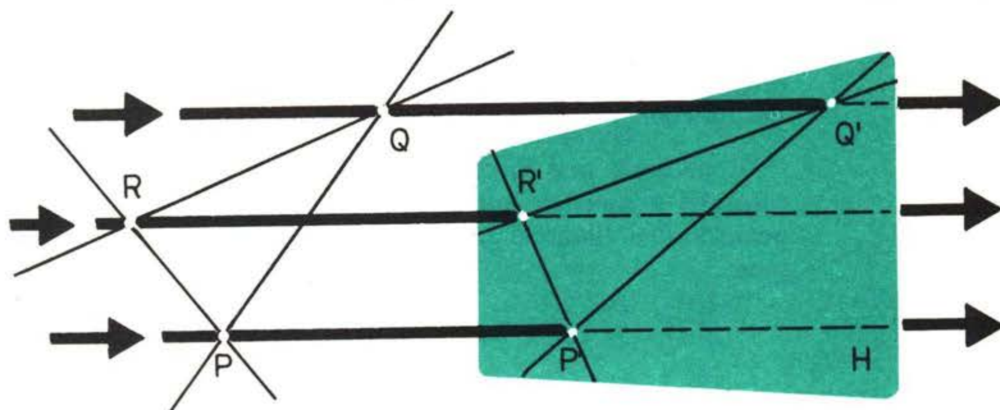
Supongamos un punto P en el espacio y un plano H también en el espacio. Si por el punto P hacemos pasar una recta y la prolongamos de forma que llegue a cortar al plano H, sobre este plano tendremos un nuevo punto P' al que llamaremos *proyección* del punto P sobre el *plano de proyección* H.

En principio, pues, podemos decir que entendemos por proyección de un punto sobre un plano *otro punto* obtenido por la intersección de una recta que, pasando por el punto a proyectar, corta al plano de proyección.



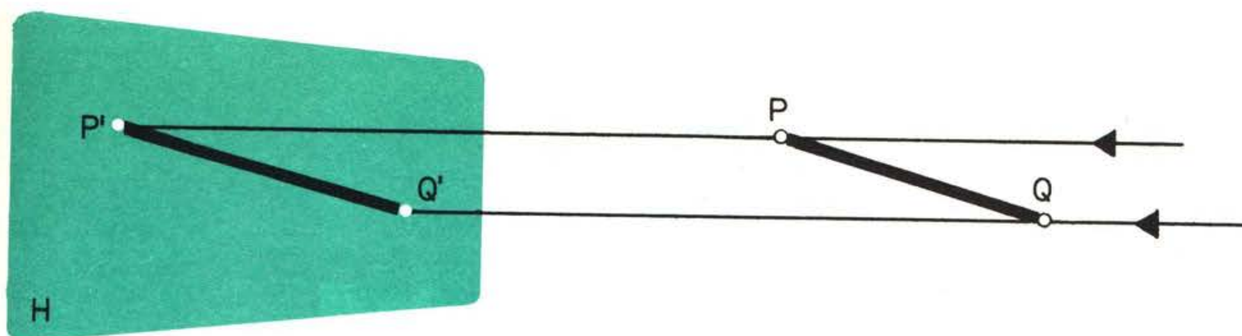
Ahora vamos a suponer que no es un solo punto el que debemos proyectar sobre el plano H, sino que son dos. Podemos proyectar cada uno de estos puntos mediante una línea recta que, dicho sea de paso, llamaremos RAYO PROYECTANTE o simplemente PROYECTANTE del punto P o del punto Q.

Fíjese ahora en una cosa: sabemos que por dos puntos pasa una línea recta y sólo una, lo que es lo mismo que decir que dos puntos determinan una línea recta. Por lo tanto, por los puntos P y Q pasa una recta (véalo en el gráfico), recta cuya proyección sobre el plano H vendrá determinada por las proyecciones P' y Q' de los dos puntos. Es decir: **La proyección de una recta está determinada por la proyección de dos puntos cualesquiera de la misma.**

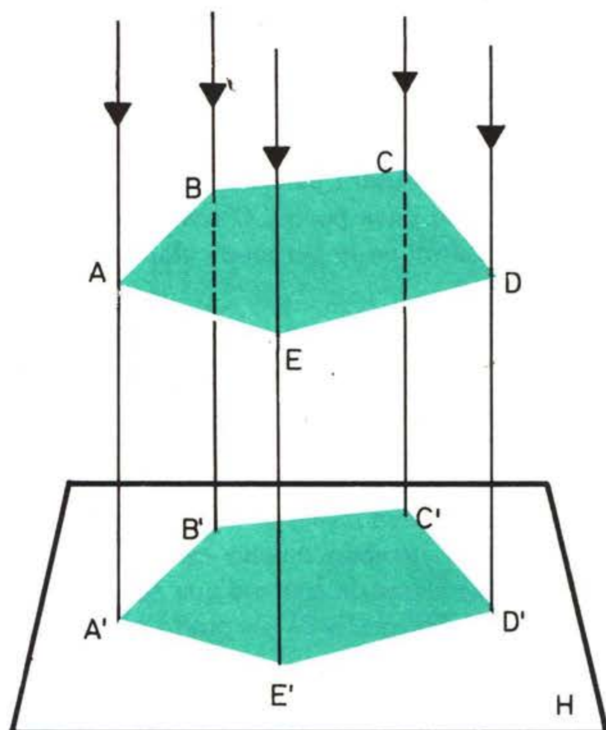


Y la proyección de un plano, ¿cómo vendrá determinada?... Si una recta está determinada por dos puntos, un plano lo viene por tres, puesto que por tres puntos sólo pasa un plano. Por tanto, si tres puntos del espacio determinan un plano (P, Q y R, por ejemplo), las tres proyecciones de estos puntos P', Q' y R' determinarán la proyección del plano sobre el de proyección H.

Observe usted que hasta aquí hemos hablado de puntos, líneas rectas y planos. Recuerde usted la primera lección y piense que estos tres elementos de la geometría son conceptos netamente teóricos, puesto que el punto carece de dimensión, la recta es indefinida en ambos sentidos y el plano lo es también en todas sus dimensiones. Pero si ahora pasamos del concepto teórico al concepto concreto, y en vez de una línea recta hablamos de un segmento rectilíneo y en vez de un plano hablamos de una figura plana, las proyecciones dejarán también de ser cosas indefinidas para convertirse en representaciones concretas.



La proyección de un segmento rectilíneo, por ejemplo, ¿cómo la obtendremos?... Es indiscutible que ya no podremos proyectar dos puntos cualesquiera del segmento, puesto que no determinarán la longitud de la proyección. Lo que deberemos hacer (el más elemental sentido lógico nos lo indica) es proyectar sus dos puntos extremos. En efecto: si proyectamos los extremos P y Q del segmento (puntos por los que queda determinado) tendremos sobre el plano H los puntos P' y Q' que indudablemente dejan perfectamente determinada la proyección del segmento rectilíneo P Q.



Si pasamos del segmento a una figura plana, tendremos determinada su proyección si nos servimos de las proyectantes que pasan por sus puntos principales que, en nuestro caso, resultan ser los vértices de un polígono. En efecto: la proyección del polígono A, B, C, D, E, es otro polígono A', B', C', D'. E', formado sobre el plano de proyección H por las proyectantes que pasan por A, B, C, D y E.

Bien. Me imagino lo que usted se está diciendo: ««Sí; tengo ya una idea de lo que se entiende por una proyección *de algo* sobre un plano; pero ¿de qué sirve todo lo dicho?» Pues, ¿quiere que le sea sincero?...

Todo lo dicho sólo ha servido para eso que usted piensa: para tener una idea de lo que es una proyección, mas lo que se dice servir, servir... no sirve para nada. Pero es el fundamento, y ya verá usted cómo de este fundamento nos vamos directamente a un sistema de proyecciones que nos sirve de algo.

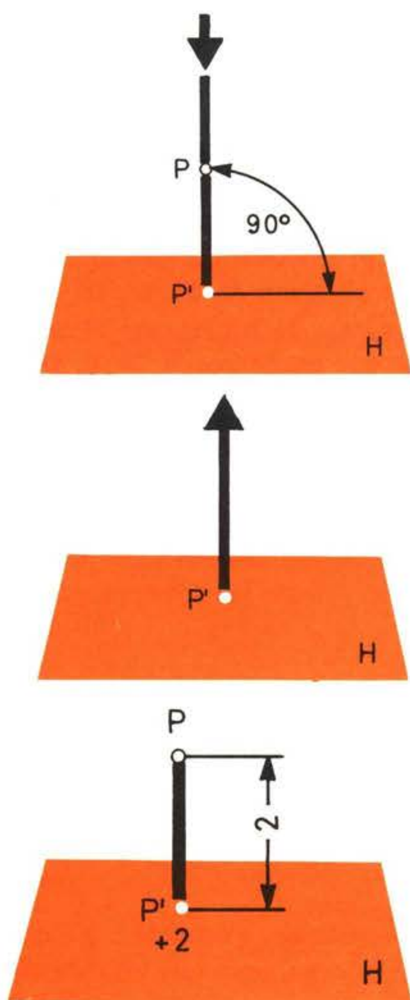
He mencionado un *sistema de proyección*, ¿verdad?... Es que existen varios sistemas de proyección. Sin embargo, para que un sistema nos sir-

va de algo, debe ser tal que pueda invertirse. Dicho de otro modo: un sistema de proyección con pretensiones de servir para algo debe ser reversible. Eso quiere decir que de la misma forma que debe permitirnos pasar del objeto en el espacio a su proyección en un plano, también debe permitir pasar de la proyección al objeto en el espacio.

Se comprende: si tenemos necesidad de proyectar una silla ya construída (que es lo mismo que decir que la tenemos en el espacio), necesitaremos un sistema de proyección que permita tal operación. Pero también, si tenemos una silla representada en un plano, necesitaremos construirla, tenerla tangible en el espacio. Si el sistema de proyección permite las dos operaciones, podemos estar seguros de que es bueno. En caso contrario no sirve para nada... que es lo que hasta aquí hemos conseguido:

Pero hagamos una cosa. Vamos a poner ciertas condiciones a los rayos proyectantes que hemos estudiado antes y no permitamos que sigan cualquier dirección con respecto al plano de proyección.

Vamos a poner la condición de que todas las proyectantes sean *perpendiculares* al plano de proyección.

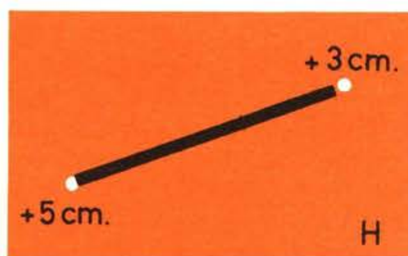


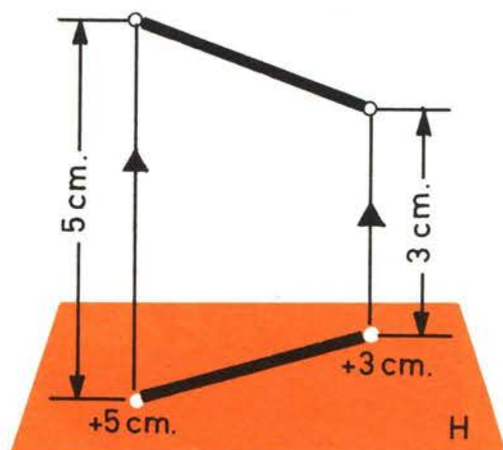
En este caso, la proyección del punto P sobre el plano H vendrá determinada por la perpendicular que pasa por él. O sea, que su proyección P' estará en la perpendicular del punto proyectado P.

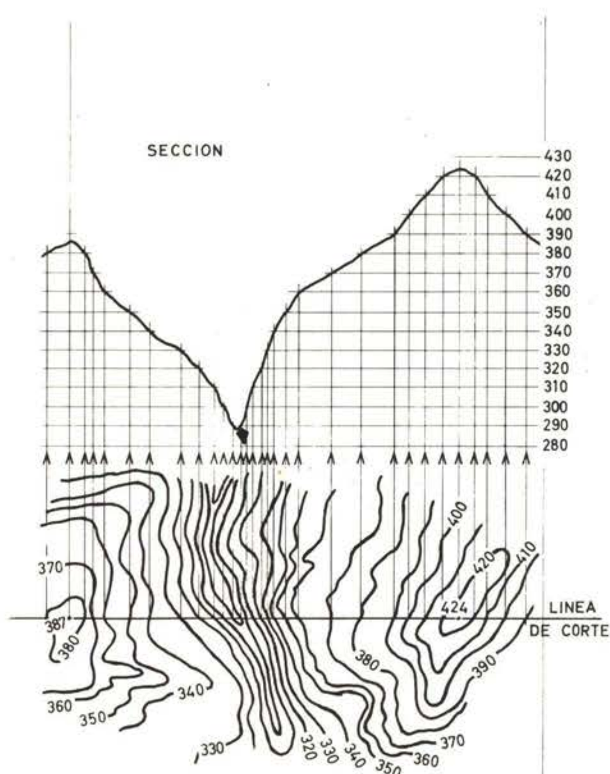
Observe una cosa: si tenemos un plano de proyección y sobre él un punto P' que sabemos es la proyección de un punto P del espacio, sabemos ya de una manera positiva que el punto en cuestión se encontrará sobre la perpendicular que tracemos desde P'. ¿No le parece que ya hemos ganado mucho en nuestro empeño por encontrar un sistema que nos permita pasar de la proyección de un punto a su situación en el espacio?...

Porque ¿qué es lo que nos falta saber?... Simplemente el nivel de esta perpendicular en que se encuentra el punto en cuestión. Y eso, ¡es tan fácil de conseguir!

Si en la misma proyección añadimos un número que indique cuántas unidades de longitud separan la proyección del punto del espacio, tenemos resuelto el problema. Bastará saber la naturaleza de la unidad de medida empleada: metros, centímetros, milímetros, etc.







Este sistema de proyección se llama SISTEMA ACOTADO, precisamente porque depende del valor de las cotas que podamos determinar la situación en el espacio de cada uno de los puntos de una proyección.

Supongamos que en un plano de proyección aparecen dos puntos con sus respectivos números de cota. En el gráfico, decimos que estos puntos tienen respectivamente una cota de 3 y 5 y vamos a suponer que las cotas vienen dadas en centímetros. Resulta muy fácil situar en el espacio la línea que determinan estas dos proyecciones.

El sistema acotado tiene una especial aplicación en los planos geográficos. Quizá, a la vista de un mapa, se habrá preguntado qué significado tienen estas líneas sinuosas que aparecen en toda su superficie. No son más que las llamadas líneas de nivel o líneas de cota.

Observe en el fragmento de mapa que está representado al margen cómo cada línea lleva adjunto un número cuyo valor aumenta a medida que la línea de nivel se hace más pequeña. El gráfico es suficientemente explícito para que pueda comprender, por el alzado, el significado de las cotas (que son estos números de los que hemos hablado) y ver que entre dos números consecutivos hay una diferencia numérica de diez unidades. Eso quiere decir que entre cada nivel expresado por una curva hay una diferencia de 10 m.

Vea en el alzado el perfil que tendría el fragmento de plano dibujado.

Con ello ya tiene usted una idea bastante clara de lo que es un sistema de proyecciones acotado, ¿verdad?

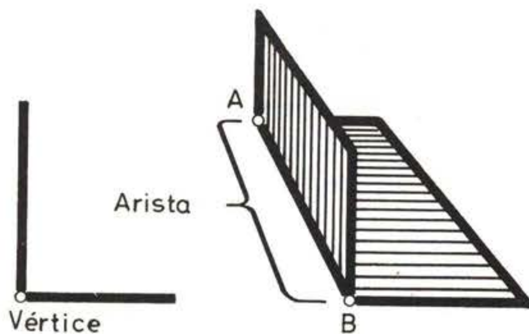
Pero resulta que este sistema, en delineación, es un verdadero galimatías. La razón es sencilla: en una misma vertical del modelo pueden existir varios puntos interesantes y en un sistema acotado en un mismo punto de la proyección (el que pertenecería a la vertical) habría varios números de cota.

Total: que debemos encontrar otros sistemas de proyección más útiles para la planificación.

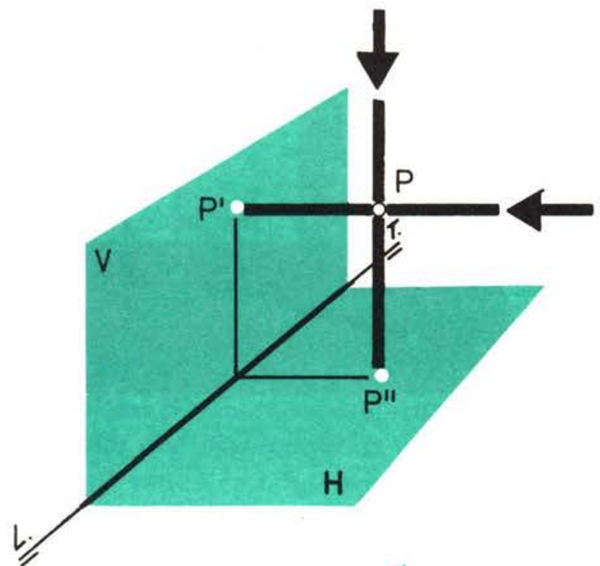
Mas antes de seguir adelante conviene repetir algo que se ha dicho un poco de pasada, pero que tiene una gran importancia. Recuerde que se ha hablado de la necesidad de hacer que los rayos proyectantes sean perpendiculares al plano de proyección. Pues bien: siempre que una proyección cumpla con esta condición, se hablará de una proyección ortogonal. Recuérdelo: llamamos proyección ortogonal a la que se consigue mediante proyectantes perpendiculares al plano de proyección.

Y ahora ya podemos pasar al estudio de las...

PROYECCIONES ORTOGONALES DIEDRICAS



ANGULO LINEAL · ANGULO DIEDRO

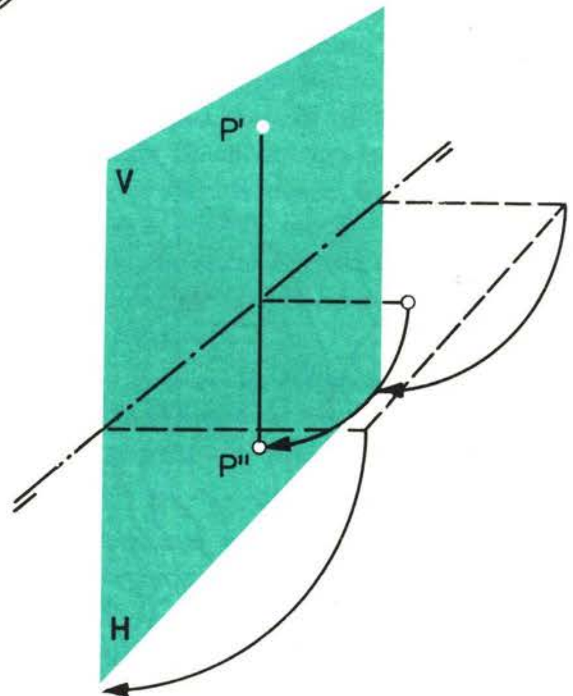


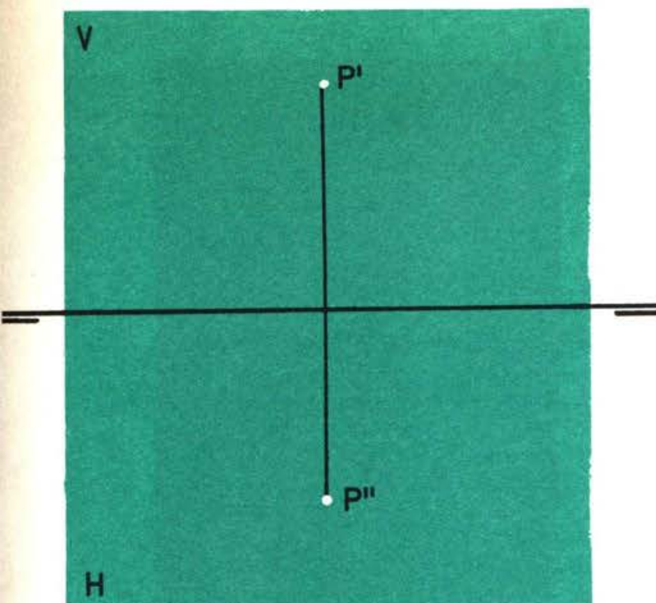
ANGULO DIEDRO. Se llama ángulo diedro la región del espacio comprendida entre dos planos que se cortan en una línea llamada arista. Lo que en un ángulo lineal es el vértice, en un diedro se convierte, pues, en una arista. La línea AB es la arista del diedro representado.

Supongamos que entre estos dos planos está situado un punto del espacio al que llamaremos punto P. No hay inconveniente en que proyectemos ortogonalmente (mediante una perpendicular) sobre cada uno de los dos planos.

Con ello tendremos una proyección P' sobre el plano vertical V y una proyección P'' sobre el plano horizontal H. Observe usted (es importante) que las perpendiculares trazadas desde las dos proyecciones a la arista del diedro coinciden en la misma. Esta condición debe cumplirse siempre en una proyección ortogonal diédrica.

Acto seguido vamos a suponer que el plano horizontal gira alrededor de la arista, como si ésta fuese una bisagra, hasta ponerse a continuación del plano vertical. ¿Se da cuenta de la *maniobra*? Los dos planos se han convertido en uno sólo, quedando indicada la arista por una línea horizontal a la que llamaremos línea de tierra.





El nuevo plano obtenido por giro del plano H, fíjese bien, ¡no es más que el plano del dibujo! Tenemos, pues, el plano del dibujo dividido en dos por la línea de tierra, con una proyección P' por encima de ella y otra P" por debajo de la misma.

Cierre usted los ojos — no lo digo sólo por decir, sino que lo digo en serio — y haga un esfuerzo mental para imaginar las operaciones que hemos hecho como si el diedro estuviera suspendido en el espacio. ¿Es capaz de imaginarlo?...

Entonces comprenderá que, una vez rebatido el plano H, la proyección que queda por encima de la línea de tierra indica claramente el nivel en altura a que se encuentra el punto **P**, mientras que la proyección sobre el plano H (P") señala la distancia que lo separa del plano V.

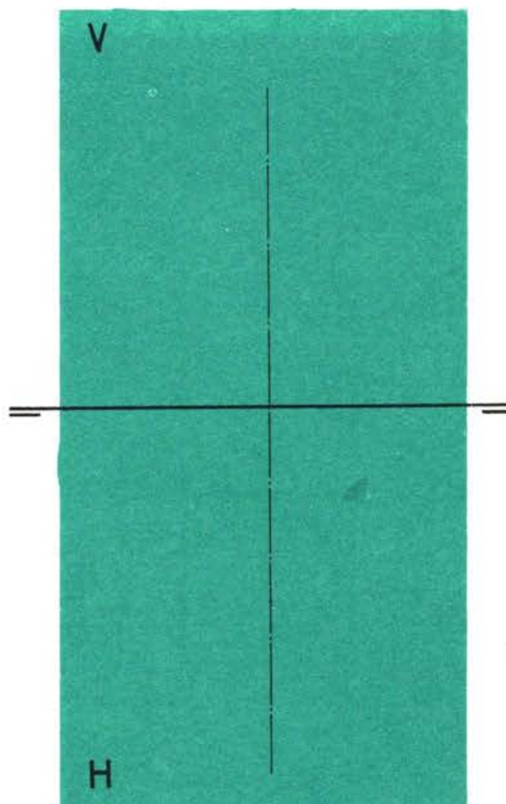
Total: que tenemos el punto **P** perfectamente situado en el espacio, gracias a sus dos proyecciones.

Hasta aquí hemos proyectado un solo punto. Pero para que vea usted que esto de las proyecciones ortogonales diédricas no es ninguna cosa rara, vamos a proyectar por este sistema un elemento cualquiera. ¿Qué le parece este tintero de tinta china que tenemos?... Cualquier cosa nos servirá y, siendo éste un objeto conocido, tanto mejor.

Sabemos que el plano del dibujo representa los dos planos de proyección; por tanto, lo mejor es que establezcamos la línea de tierra, en la mitad de la lámina: es lo más prudente. Tracemos también el eje vertical.

Por debajo de esta línea se encontrará la proyección sobre el plano horizontal, ¿recuerda?... Es lo que normalmente llamamos la planta; y como no nos importa más que demostrar la forma del tintero, sin que nos preocupe su situación respecto a los planos de proyección, podemos dibujar la proyección sobre el plano horizontal donde nos parezca prudente. Lo hacemos tranquilamente. Si mira usted el tintero desde arriba, verá su base cuadrada con los vértices redondeados, y centradas con respecto a la base, las circunferencias del tapón.

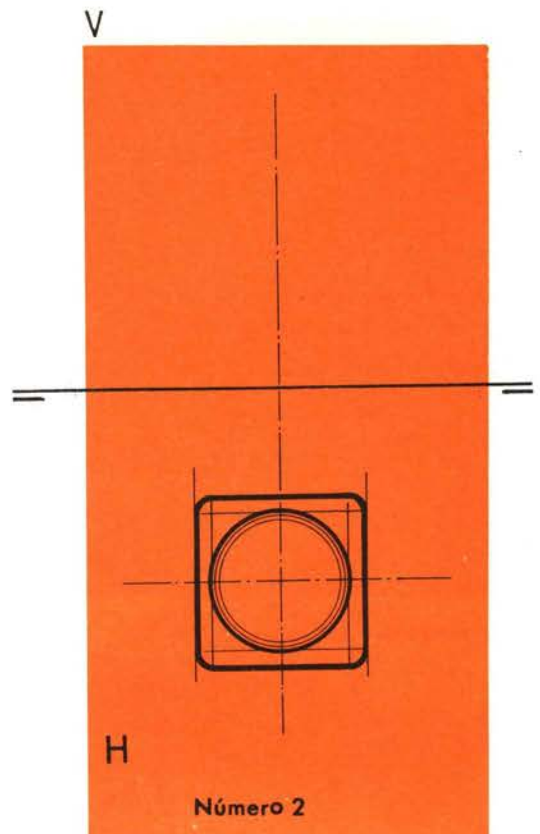
Bueno; ya tenemos una proyección del objeto. Nos falta una: la proyección sobre el plano vertical, proyección frontal, proyección

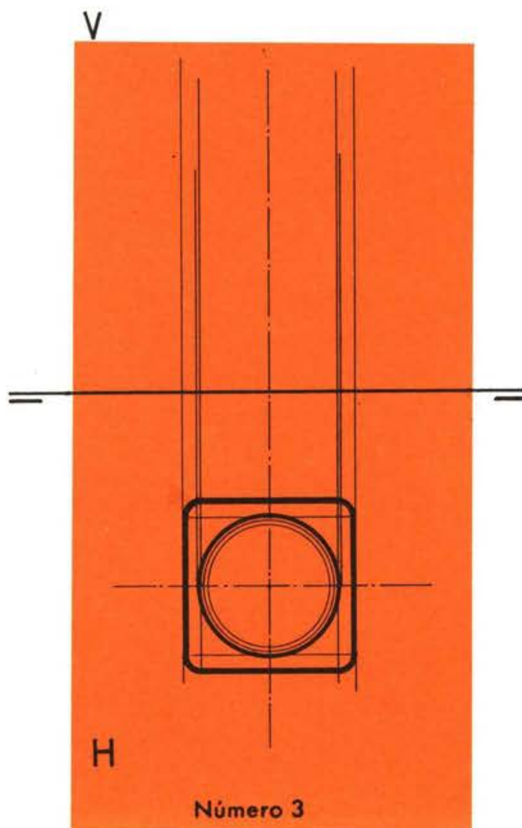


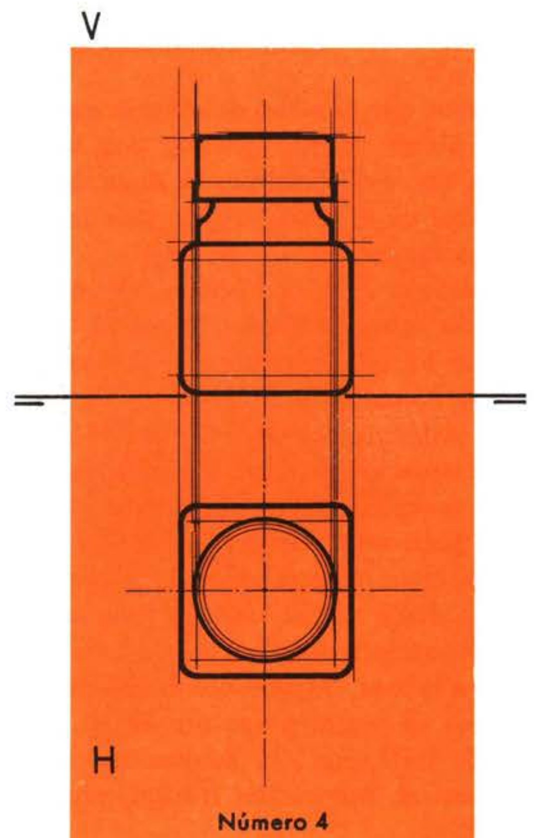
en alzado... que de todas formas puede llamarse, aunque la denominación de alzado es más propia de los planos del ramo de la construcción.

Sabemos que las dos proyecciones deben corresponderse según sus perpendiculares a la línea de tierra, ¿no?... Si a partir de la proyección en planta trazamos verticales hacia arriba, por encima de la línea de tierra, tendremos señaladas las anchuras del tintero. Es fácil darse cuenta de esta verdad.

Sólo nos falta limitar en altura las anchuras encontradas... ¡y terminar la proyección! Me parece innecesario decirle cómo. Observe que se trata de señalar unas alturas (de acuerdo con las medidas que tomemos en el modelo) y trazar una serie de líneas horizontales; redondear aquellos ángulos que son romos y pulir el resultado. Dibujar, en fin, el modelo visto frontalmente.



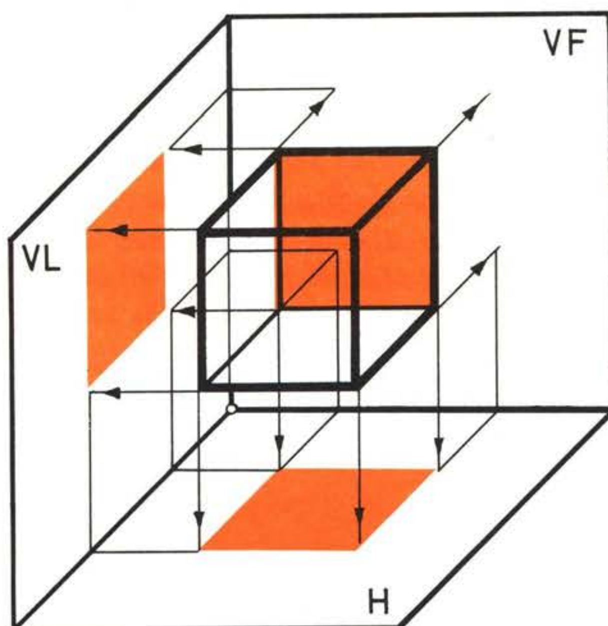




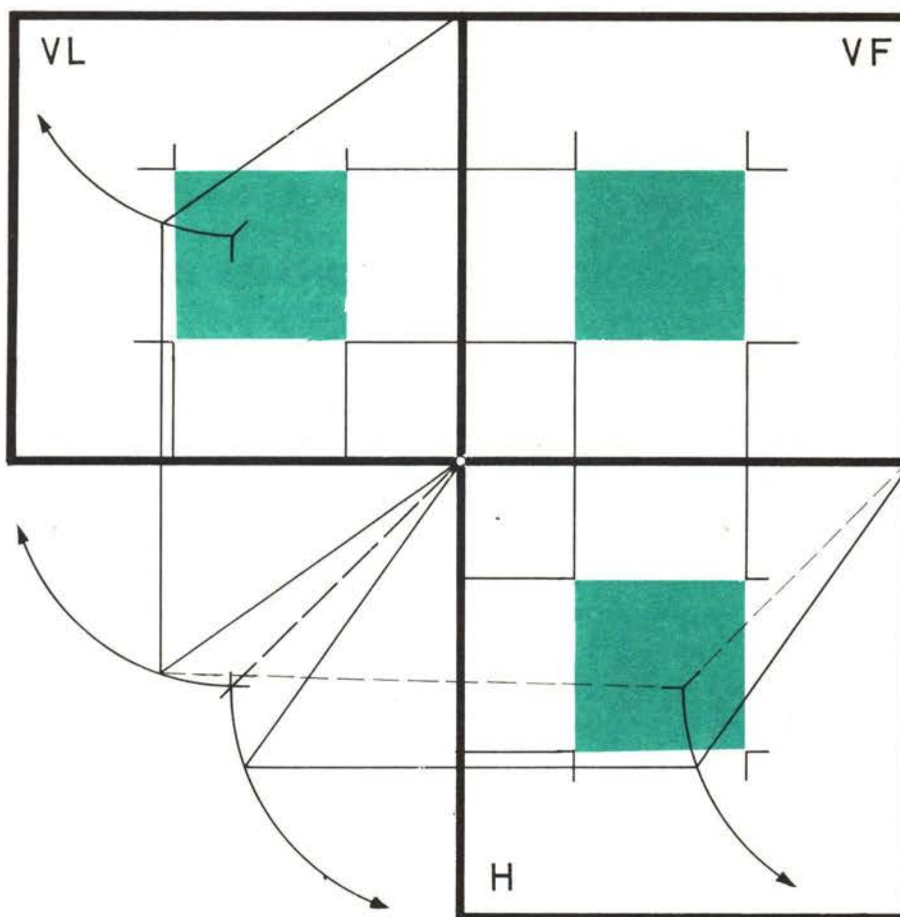
¿Son siempre suficientes dos proyecciones para representar un elemento del espacio?... Pues no. Muchas veces necesitaremos tres o más proyecciones para que el elemento quede totalmente *explicado*. Incluso necesitaremos *verle las tripas;* saber cómo es en su interior.

PROYECCIONES ORTOGONALES TRIEDRICAS

Vamos a considerar un sistema de tres planos de proyección perpendiculares entre sí y en su interior un cubo. A estos planos los llamaremos: plano vertical lateral; plano vertical frontal, y plano horizontal. Observe que si proyectamos el cubo sobre cada uno de estos planos, obtenemos dos proyecciones en alzado y una en planta. Una proyección sobre el plano VL (vertical lateral), otra sobre el VF (vertical frontal) y otra sobre el plano H (horizontal). Proyectando ortogonalmente (con proyectantes perpendiculares a cada uno de los planos de proyección) todas las proyecciones se corresponden según sus verticales y sus horizontales. Eso queda perfectamente demostrado en el gráfico. Por este sistema, lo que conseguimos son las tres vistas principales de un elemento: ¿se da cuenta?



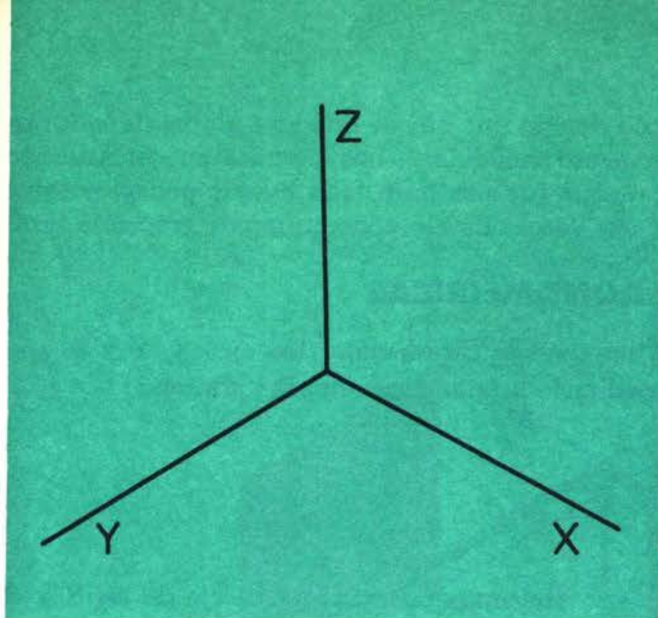
Si rebatimos los planos sobre el plano del dibujo, ¿qué pasará?... Lo que gráficamente le indico a continuación: obtenemos tres proyecciones sobre el plano del dibujo de forma que las dos proyecciones obtenidas sobre los planos verticales se corresponden según sus horizontales; correspondiéndose la proyección horizontal con la vertical frontal, por sus verticales.



El arte de la proyección depende en gran manera de la visión del delineante. De darse cuenta de cuáles son las proyecciones que convienen para la representación total del elemento que tratamos de proyectar; y eso, claro, es algo que llega con la práctica. Piense que de ahora en adelante todo lo que hagamos estará encaminado a darle ocasión para adquirir esta práctica que debe llevarle a saber representar un modelo con el número necesario de proyecciones sin que falte ninguna, pero también sin que sobren.

Durante todo el Curso trabajaremos casi exclusivamente a base de proyecciones ortogonales; a través de nuestras lecciones irá descubriendo nuevos matices, fórmulas y maneras de hacer que deben llevarle a independizarse, a poder trabajar confiando sólo en su certera visión del problema. Pero hay otro sistema de proyección que es muy interesante conocer y que muchas veces completa un proyecto por cuanto da una visión de conjunto del modelo. Son las proyecciones axonométricas.

Antes de entrar de lleno en ellas convendrá que demos un paso atrás y nos fijemos de nuevo en el sistema de tres planos que nos ha servido para proyectar un cubo. Observemos primero que la intersección de estos tres planos forma un sistema de tres aristas o ejes que, representados, adquieren una forma como ésta:

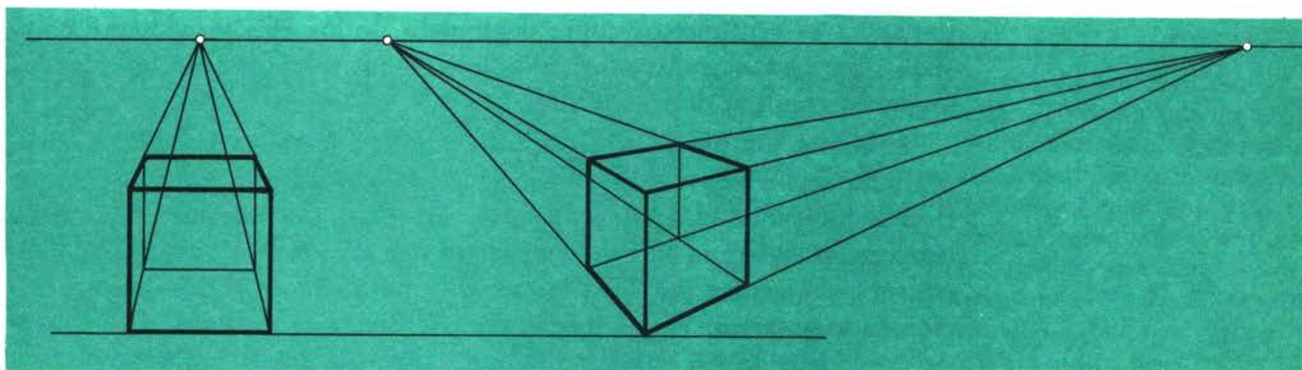


A estos tres ejes (no lo olvide) se les llama *ejes coordenados*. No quiera saber por qué, pero se llaman así. Además: sepa que a los ejes se les denomina X, Y y Z. El eje DE LAS ZETAS, que es el que corresponde a las verticales. El eje DE LAS YES, que corresponde a una de las series de horizontales en profundidad, y el EJE DE LAS EQUIS, que corresponde a la otra serie de horizontales.

Eso es una de las cosas dignas de saber referentes a los tres planos de proyección. Otra cosa es: observar que el cubo que hemos representado entre los planos, de por sí, tiene un valor, porque es una representación muy explicativa de la forma total del elemento. Muestra tres vistas del cubo, ¿no?... Por lo tanto, vale la pena aprovechar esta ventaja en delineación.

Podemos decir que este cubo está dibujado en perspectiva, que es lo mismo que decir que está representado *como lo vemos* en el espacio. La perspectiva es un sistema de proyección (proyecciones cónicas) que estudiaremos más adelante, y sobre todo en las lecciones especializadas en la construcción.

En términos generales, podemos ver de dos maneras principales un cubo (para no apartarnos de un elemento de forma sencilla). Son las que quedan indicadas en el gráfico que está bajo estas líneas. Vea que las líneas que van en profundidad se reúnen en un punto. Así es cómo vemos un cubo.

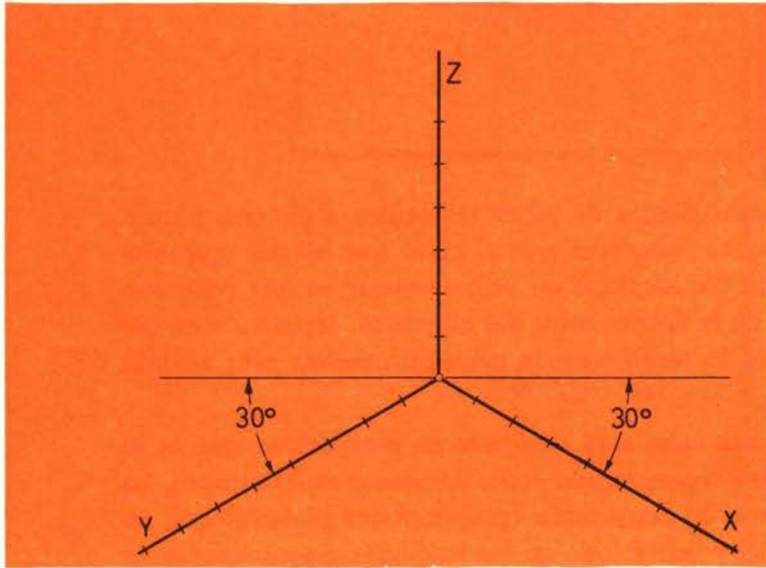


Pero ya nos hemos referido al hecho de que en dibujo técnico no interesa representar las cosas como se ven (en ocasiones sí interesará) sino como son; y es evidente que, puestos a construir un cubo de unas medidas determinadas, las dos representaciones precedentes nos sirven de muy poco por cuanto no nos dan las dimensiones reales de sus caras, que están en profundidad. Se trata de encontrar un sistema de

proyección que, al mismo tiempo que nos dé una idea global de la forma del cubo o de otro elemento cualquiera, nos permita su construcción inmediata. Para ello lo único que nos hará falta es que podamos saber las medidas exactas de sus caras. Eso lo conseguiremos gracias a las...

PROYECCIONES AXONOMETRICAS

Tomemos de nuevo un sistema coordenado (los ejes **X**, **Y** y **Z**, ¿recuerda?) y vamos a supeditarlo a unas determinadas normas:



Hagamos primero que el eje de las **Y** y el eje de las X estén en el plano del dibujo de forma que mantengan con la horizontal un ángulo de 30°.

Otra condición a establecer es la siguiente: las medidas tomadas sobre cada uno de los ejes conservan su valor real. Es decir: las dimensiones no se deforman en ninguno de los ejes.

Si en un sistema de proyección que cumple con las condiciones establecidas tenemos las tres proyecciones de un cubo (véalas usted oscurecidas) cuya arista tiene una longitud de tres centímetros, todas estas proyecciones deberán tener tres centímetros de lado..., ya que hemos quedado en que los tres ejes coordenados tienen el mismo valor. ¿Quiere comprobar si se cumple esta condición?... Sí, ¿verdad?... Es que hemos tomado tres centímetros sobre cualquiera de los ejes y mediante paralelas a los demás hemos construido las tres proyecciones. No falla: todos los lados resultan de tres centímetros.

Si ahora, y a partir de estas proyecciones, trazamos desde sus vértices paralelas a los tres ejes coordenados (vea usted la dirección de las flechas indicando el sentido de estas paralelas), obtendremos una nueva proyección en forma de cubo en perspectiva, que cumplirá con las condiciones establecidas por las normas DIN para el primer tipo de proyección axonométrica. Ya las hemos citado: líneas en profundidad formando un ángulo de 30° con la horizontal; ninguna dimensión deformada y en consecuencia *todas las paralelas siguen paralelas*.

Las proyecciones axonométricas que cumplen estas condiciones dictadas por las normas DIN son las llamadas proyecciones AXONOMÉTRICAS ISOMÉTRICAS. Según DIN, este tipo de proyección conviene cuando interesa demostrar con el mismo detalle las dos vistas verticales; la frontal y la lateral.

Z

C

Y

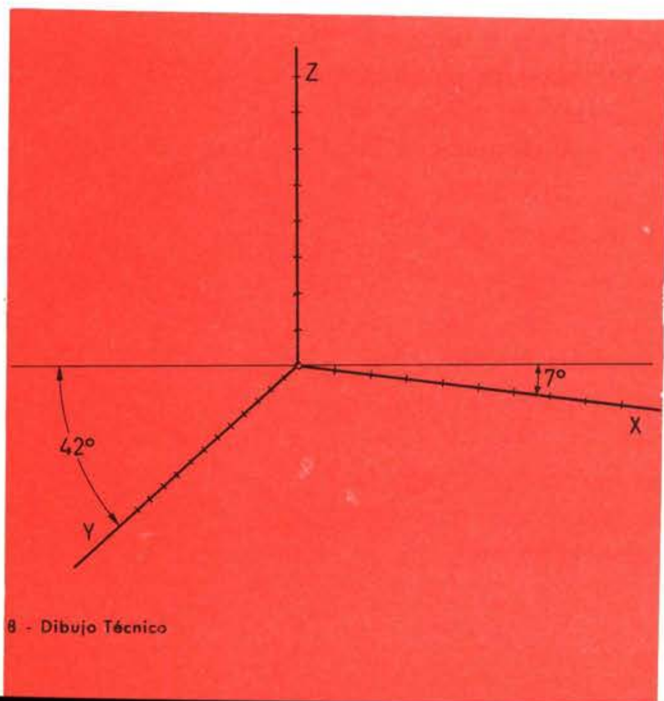
X

a

b

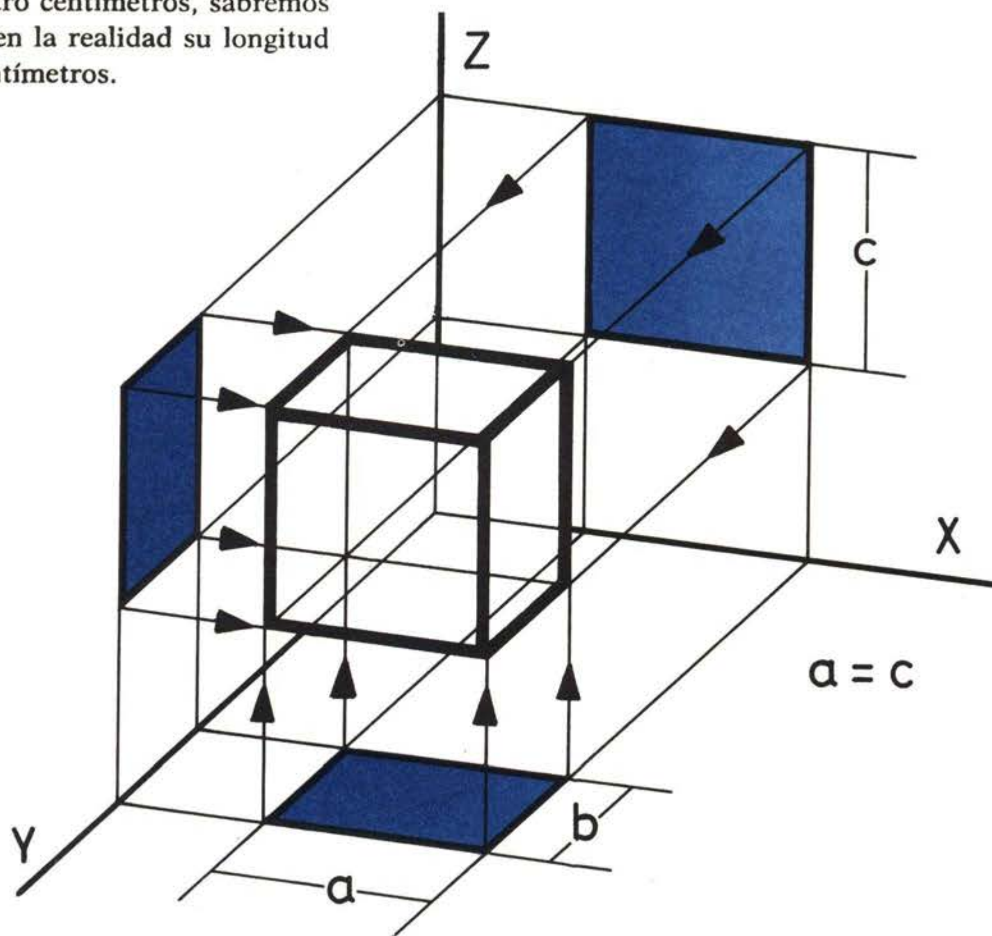
a = b = c

Vamos a establecer unas nuevas condiciones para la situación de los tres ejes, ya viejos amigos nuestros.



El eje de las Z, naturalmente, sigue vertical. El de las Y forma con la horizontal un ángulo de 42º, y el de las X forma con la horizontal uno de 7º. ¡Atención! Con este nuevo sistema coordenado, las medidas se mantienen inalterables en el eje de las Z y de las X, pero en el eje de las Y, *quedan reducidas a una mitad*. Eso quiere decir que lo que en los ejes Z y X es un centímetro, en el de las Y se convierte en medio centímetro. Dicho de otra forma: toda medida tomada sobre los ejes de las Z y X conserva su longitud real, mientras que las tomadas sobre el eje de las Y se reducen a la mitad. Más claro: una dimensión de tres centímetros que deba darse a una arista que siga la inclinación de la máxima profundidad en este sistema de proyección (la de los 42º) quedará reducida a un centímetro y medio. O

sea, que si en una pieza proyectada según este sistema tomamos las medidas en el plano de una arista paralela al eje de las Y, y comprobamos que mide cuatro centímetros, sabremos inmediatamente que en la realidad su longitud es el doble: ocho centímetros.



Hagamos exactamente lo mismo que hemos descrito para las proyecciones axonométricas isométricas: partiendo de las tres proyecciones de un cubo (observe cómo esta vez las aristas paralelas al eje Y tienen la mitad de longitud que las paralelas a los ejes Z y X), trazamos paralelas a los tres ejes y obtenemos la proyección axonométrica del cubo, a la que llamaremos proyección AXONOMÉTRICA BIMÉTRICA, que cumple con las condiciones previstas:

Las paralelas al eje Y forman con la horizontal un ángulo de 42°.

Las paralelas al eje X forman con la horizontal un ángulo de 7°.

LAS PARALELAS SE CONSERVAN PARALELAS.

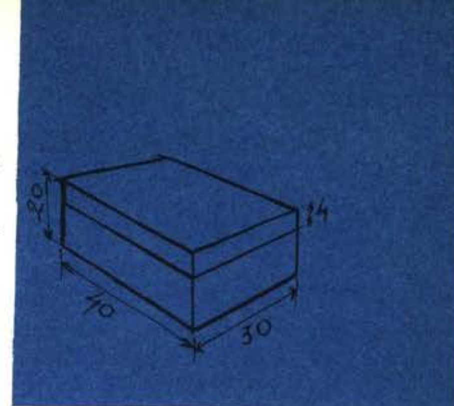
Las paralelas a los ejes Z y X conservan sus medidas reales.

Las paralelas al eje Y se dibujan con una longitud que es la mitad de la real.

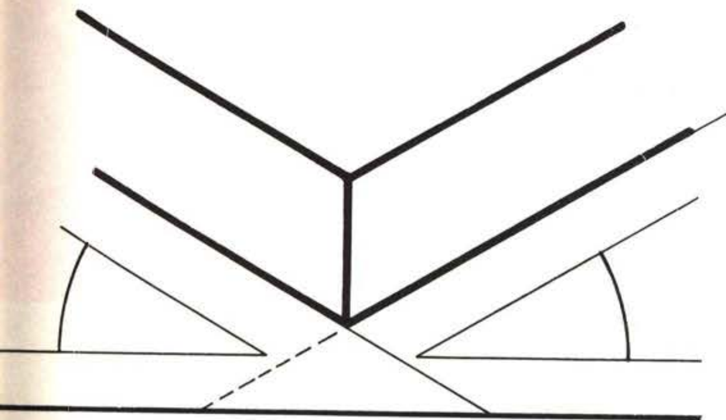
Éstas son las condiciones establecidas por las normas DIN para las proyecciones axonométricas bimétricas; proyecciones que convienen cuando interesa dar una clara idea de la vista vertical frontal.

Y ahora, vamos a pasar de la teoría a la práctica. ¿Cómo dibujar un cuerpo de caras paralelas en proyección axonométrica isométrica?...

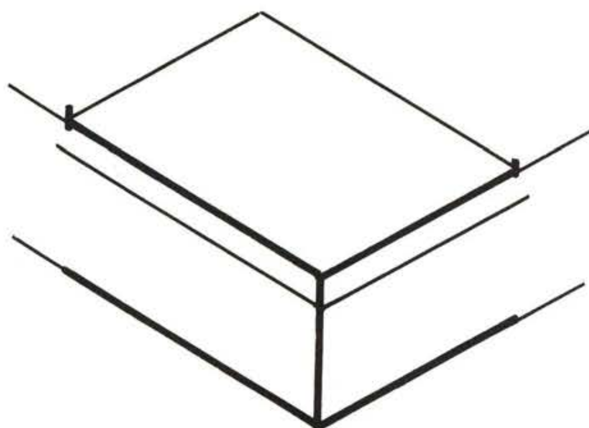
Vamos a suponer que se trata de esta caja cuyo croquis tiene al margen con sus medidas indicadas.



Tome la regla y el cartabón, por favor.



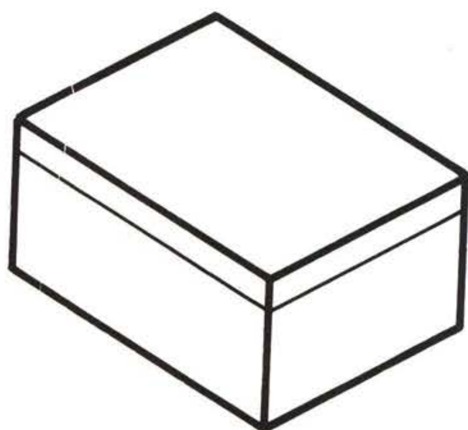
Empiece por trazar una línea vertical que corresponderá a la arista más cercana. Acto seguido, limite la altura de la vertical, según las medidas que tenemos anotadas. Si trabajamos a tamaño natural nos encontramos con que no tenemos suficiente espacio en estas páginas para explicar todo el proceso. Por lo tanto, trabajaremos a tamaño reducido (lo que se llama trabajar a escala) y para ello dibujaremos nuestra caja con unas medidas diez veces más pequeñas. La altura, que es de 20 cm, se convertirá en una altura de 2 cm. Por lo tanto, tomamos 2 cm de nuestra vertical.



Tomamos el cartabón y, recordando que dicho instrumento tiene un ángulo de 30º (precisamente el que necesitamos para representar las líneas horizontales), ayudados por la regla procedemos a trazar las aristas de la caja paralelas a los ejes Y y X. (Imagínelos, por favor, aunque en la práctica se supriman).

Hemos quedado en que en este tipo de proyección no se deforma ninguna medida, ¿verdad?... Por lo tanto, podemos tomar sobre cada una de las aristas encontradas las medidas correspondientes divididas por diez.

Observe cómo la arista de 40 cm se ha convertido en sólo 4; la de 30 ha quedado reducida a 3. La altura ya la teníamos señalada. La altura de la tapadera, que es de 4 cm, se ha convertido en 4 mm (0'4 cm).



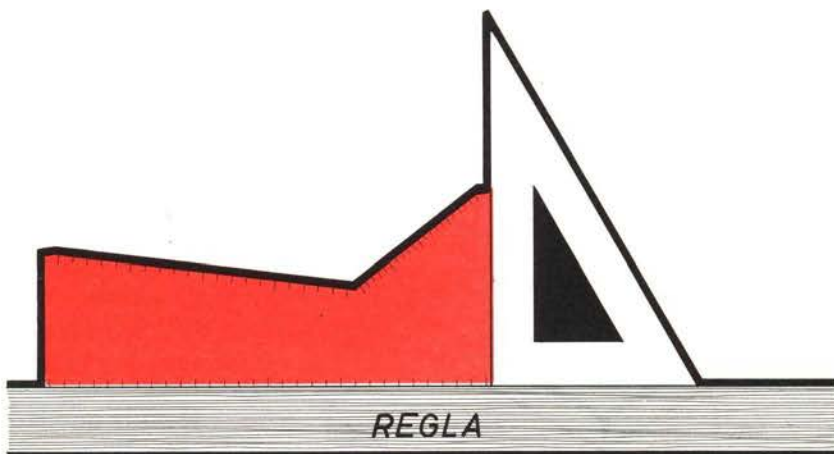
Ya podemos trazar las verticales correspondientes a cada una de las señales; y borrando lo que sobre, tendremos el dibujo listo para ser pasado a tinta.

¿Se ha dado cuenta de lo sencillo que resulta trabajar con proyecciones isométricas?... Claro que el modelo es sencillísimo, pero la mecánica es siempre similar.

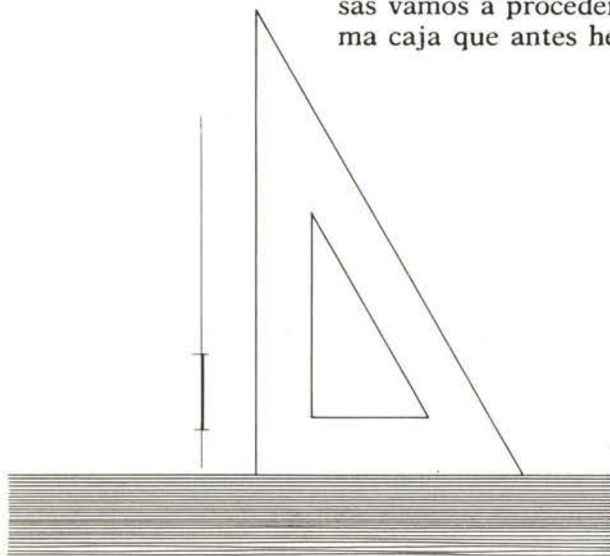
Sin duda que se habrá preguntado para qué debe servir esta especie de doble regla que ha recibido con la lección, ¿verdad?... Ya se dice en la misma regla: para trabajar en proyección axonométrica bimétrica. Sin esta regla especial también es posible trabajar con este tipo de proyección, indiscutiblemente; pero resulta mucho más lento. Por esta razón hemos confeccionado para usted un instrumento que no encontrará en el mercado... a menos que por casualidad encuentre uno de fabricación alemana. Está, pues, en posesión de algo que pocos delineantes poseen, por la razón de que siendo un instrumento de poca venta nadie se ha preocupado de construirlo en plan comercial.

Dejémonos ya de propaganda y vayamos a ver cómo funciona este aparato. Observará que en realidad consta de dos reglas inclinadas según los dos ángulos establecidos por las normas DIN para este tipo de proyección. También puede ver que la regla más inclinada está graduada ya con las medidas reducidas a la mitad. Compruebe, por favor, cómo está graduada en medios centímetros, que corresponderán a centímetros reales.

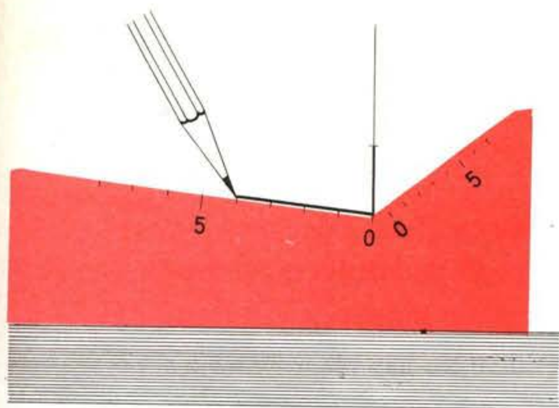
La posición de trabajo de esta regla especial es la que a continuación le indico en forma gráfica:



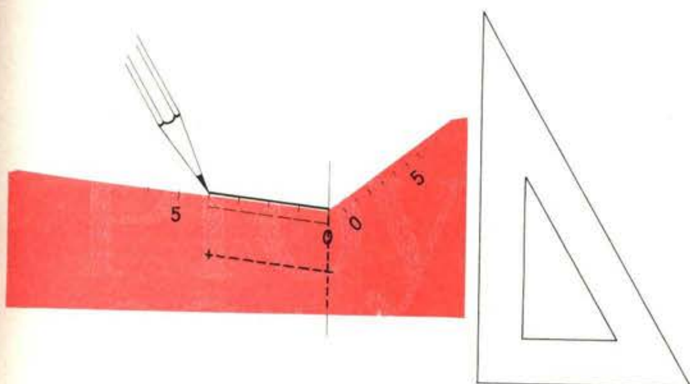
Me parece que sobran palabras, ¿no?... Pues bien: Con estas premisas vamos a proceder a la proyección axonométrica bimétrica de la misma caja que antes hemos proyectado en isométrica.



Empecemos, como antes, por trazar la vertical que debe corresponder a la arista más cercana.



A continuación situaremos nuestra plantilla de forma que la primera señal de regla que corresponde a la inclinación de los 7º coincida con la vertical y, naturalmente, con la señal que indica el límite inferior de la arista vertical trazada. Siguiendo con el lápiz la inclinación de la regla tendremos una de las aristas en profundidad de la caja, arista que podemos limitar a los 4 cm sin ninguna dificultad, puesto que trabajamos sobre una regla graduada.



Acto seguido, con la guía de la escuadra (que es de suponer no se ha movido de sitio) podemos *subir* nuestro aparato hasta que la regla sobre la que trabajamos coincida con la señal que limita por arriba la arista vertical. Trazamos esta nueva arista y lo mismo hacemos con la línea que indica el límite de la tapa, previo un nuevo desplazamiento de la regla especial.

Y ¿hace falta que le diga más?... Con las aristas, cuya inclinación es de 42º, haremos exactamente lo mismo pero valiéndonos de la otra regla cuyas medidas vienen ya reducidas a una mitad. Sabemos que estas nuevas aristas tienen en la realidad 30 cm que divididos por 10 quedan en 3. Por lo tanto, sin preocuparnos de reducciones — que la regla ya nos da hechas —, señalamos el límite de las aristas allí donde coincide la señal 3 de la regla más inclinada.



E. 1:10

Sólo nos falta trazar las verticales que limitarán lateralmente la caja en cuestión, borrar lo que sobre y ¡listos para pasar a tinta el dibujo!

Por poco que practique con este aparato, comprenderá la ventaja que representa su uso. No hay que preocuparse por encontrar los ángulos que forman las aristas con la horizontal, porque ya los tenemos en la regla. Tampoco deberemos preocuparnos por la reducción de distancias en las aristas paralelas al eje de las Y... en fin. Lo peor ya lo tenemos solucionado.

¿Qué, amigo?... ¿Ha conseguido asimilar tanto lío? Reconozco que este último capítulo, por tratarse de algo nuevo, resulta un tanto pesado. Pero ¡no hay más remedio! Convenía que tuviera cuanto antes una idea de lo que es una proyección y de sus principales sistemas. Observe que he dicho *tener una idea*, que es muy distinto que decir que conviene que conozca bien las proyecciones.

Sepa de momento lo que es una proyección ortogonal, una proyección acotada, ortogonal diédrica, axonométrica isométrica y axonométrica bimétrica. Saber trabajar con ellas; conocerlas y tratarlas *de tú*, es algo que llegará poco a poco. No lo dude ni un solo instante.

FISICA 2 INSTRUMENTOS PARA MEDIR LONGITUDES

El metro de taller. La cinta métrica. El pie de rey. El palmer o tornillo micrométrico.

Tomar medidas es una necesidad. No hay plano posible si no se conocen las dimensiones de lo que se va a representar; sobre eso, no vale la pena insistir. Pero puesto en la necesidad de calcular las dimensiones de los cuerpos, el hombre ha ideado distintos instrumentos que le ayudan a este menester. En la presente lección sólo hablaremos de instrumentos capaces de medir longitudes, que, en definitiva, es la magnitud que más interesa al delineante que constantemente trabaja en dos dimensiones.

El doble, el triple y la regla graduada son los instrumentos que emplea el delineante para tomar medidas sobre el plano; y si no se trata de una medición muy exacta, también los usa para tomar las medidas de objetos de reducido tamaño.

La forma de estos instrumentos ya nos es conocida, y su manejo carece de complicaciones para que nos extendamos ahora sobre esta cuestión.

En cambio, vamos a describir y a estudiar un poco cuatro nuevos instrumentos de medición, cuyo manejo por parte del delineante es poco menos que cotidiano. Son:

El metro de taller.

La cinta métrica.

El pie de rey.

El pálmer o tornillo micrométrico.

EL METRO DE TALLER



¿Quién no ha visto tomar medidas con el metro al carpintero de la esquina, al albañil o a cualquier otro operario manual? Los metros de taller son tan del dominio público que resultaría infantil hacer de ellos una descripción minuciosa. Son este conjunto de dobles decímetros articulados, de madera o metal, cuya longitud total acostumbra a ser de uno o dos metros.

Si llegada la ocasión debe comprar un metro de taller, le recomiendo que lo adquiera de metal. Son, ciertamente, más caros, pero se rompen menos que los de madera y, sobre todo, las divisiones y números resultan mucho más claros. También son más limpios.

Una de las caras de estos metros está dividida en milímetros, numerados de diez en diez. La otra cara lleva dos numeraciones; una en milímetros y otra en pulgadas, que se distinguen a simple vista por la mayor amplitud de sus divisiones. Recuerde que una pulgada vale 25'4 mm.

LA CINTA METRICA



No es más que una cinta de material textil o de fleje metálico que se arrolla a un tambor lo mismo que el hilo a su carrete. En la figura que acompaña a este comentario puede ver la forma más común de esta herramienta. Las numeraciones son exactamente iguales a las del metro de taller y su longitud acostumbra a ser de uno o dos metros para las metálicas, mientras que las de material textil, que se usan generalmente para medir terrenos, plantas de edificios y todo lo que son longitudes considerables, se fabrican de diez, veinte y hasta cincuenta metros.

La cinta métrica es muy práctica. Abulta y pesa poco y puede llevarse cómodamente en un bolsillo.

EL PIE DE REY

Hasta aquí hemos hablado de útiles para medir que nos permitan hacerlo con una aproximación de milímetros. Quiero decir que con ellos podemos medir hasta milímetros, pero que no sirven para medidas más pequeñas. Para trabajos en los que la precisión tiene una importancia relativa son suficientes los útiles citados hasta ahora. Pero en muchísimos casos, especialmente en trabajos mecánicos de cierto compromiso, deben ajustarse las medidas al orden de las décimas, centésimas y, en casos muy especiales, incluso milésimas de milímetro.

El aparato que nos permite obtener medidas con una aproximación de décimas de milímetro es el pie de rey.

Pero antes de pasar a describir el pie de rey y ver cómo funciona, deberemos hacer un alto para estudiar su fundamento, que se encuentra en el nonius.

Nonius... ¿Qué es y cómo funciona el nonius?...

Suponga que tiene usted una regla graduada. Para entendernos, vamos a suponer más: digamos que esta regla está graduada en milímetros. Usted ya ve que las divisiones que aparecen en el gráfico son mayores que un milímetro; pero ya hemos quedado en que se trata únicamente de un entendimiento entre usted y yo. Bueno; sea ésta la regla en cuestión:



A esta regla la llamaremos *regla fija*. Y ahora mucha atención:

Construímos una nueva regla, cuya longitud total sean nueve divisiones de la llamada regla fija, y la dividimos en diez partes iguales. Vea al lado esta nueva regla y su correspondencia con la anterior: la medida de nueve divisiones de la primera, partida en diez partes iguales. A esta regla la denominaremos regla móvil.

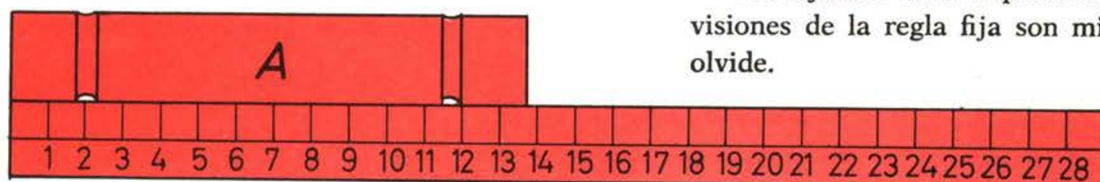
REGLA MOVIL



Reflexionemos: Las divisiones de la reglilla móvil són algo más pequeñas que las de la regla fija, puesto que en el mismo espacio donde hay nueve divisiones de la fija hemos trazado diez. Eso quiere decir que cada una de las divisiones de la regla móvil es una décima más pequeña que las de la regla fija.

Veamos ahora cómo debemos proceder para medir con la ayuda de estas dos reglas (nonius) un objeto cualquiera.

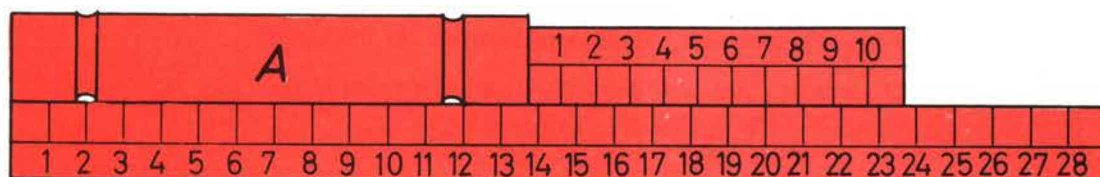
Trabajamos en la suposición de que las divisiones de la regla fija son milímetros, no lo olvide.



Bien; sea el elemento A lo que debemos medir. Con la regla fija procedemos a una medición normal, como haríamos con una regla graduada.

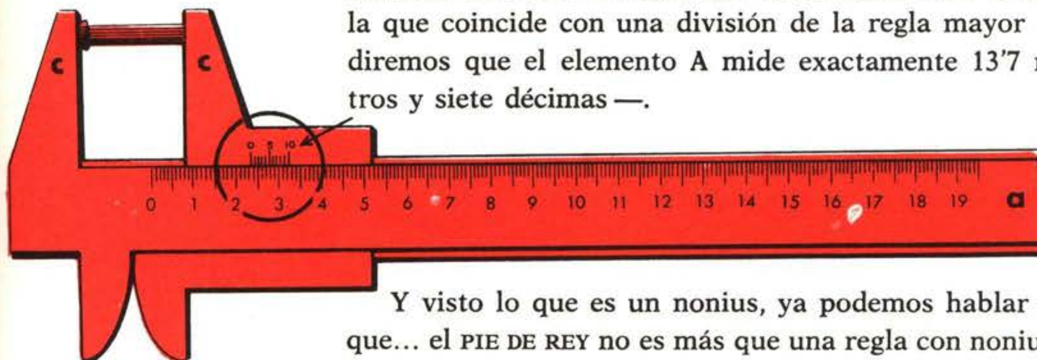
En el gráfico podemos ver que el elemento A mide 13 mm... y algo más, sin llegar a los 14.

Tratemos de calcular cuál es el valor de este *algo más.*



Para ello tomemos la regla móvil. Si como indica la figura ponemos en contacto la regla pequeña con el objeto a medir apoyándola al mismo tiempo sobre la regla fija, observaremos que una de las divisiones coin-

cide con una de la regla últimamente citada: la fija. Como que las divisiones de la regla móvil son una décima parte más pequeñas que las de la fija, la señal de la móvil que coincide con una de la fija nos indica el número de décimas — en este caso de milímetro, puesto que suponemos que la regla está dividida en milímetros — que exceden de los 13 mm medidos con sólo la regla fija. En nuestro caso es la división número 7 la que coincide con una división de la regla mayor o fija. Por lo tanto, diremos que el elemento A mide exactamente 13'7 mm — trece milímetros y siete décimas —.



Y visto lo que es un nonius, ya podemos hablar del pie de rey, porque... el PIE DE REY no es más que una regla con nonius. Ahí lo tiene usted fotografiado.

En él he situado un objeto aprisionado entre los dos topes (C) del aparato, que es lo primero que debe hacerse para tomar sus medidas. Una vez ajustado el objeto a medir, se cuenta el número exacto de milímetros que abarca sobre la regla fija (A). Y el resto, como hacíamos en nuestro nonius, se mide por la graduación de la regla móvil. La división de la regla móvil que coincide con una de la fija nos indica el número de décimas de milímetro. Para contar las décimas de milímetro se lee siempre el número de la regla móvil, nunca el de la fija. ¿Entendido?

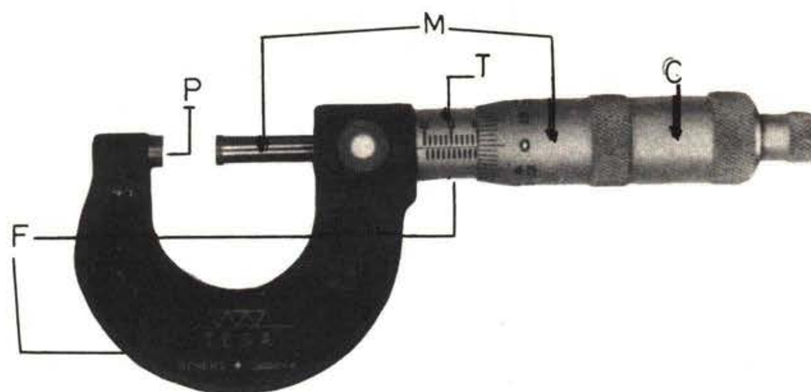
EL PALMER O TORNILLO MICROMETRICO

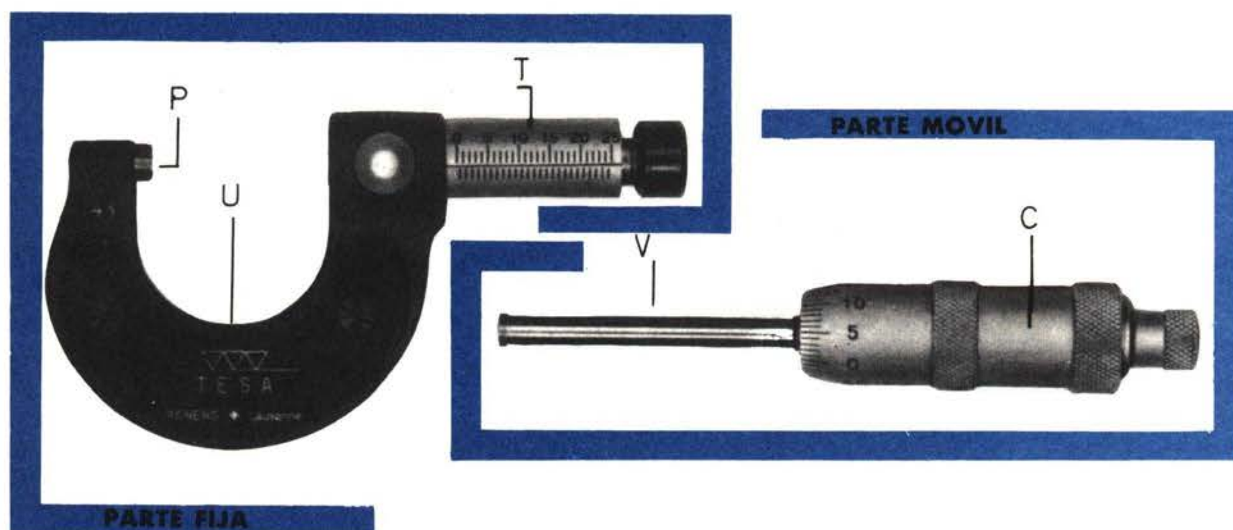
Se trata de un instrumento que mide sin dificultad con aproximaciones de hasta centésimas de milímetro y cuyo fundamento científico no puede ser más sencillo:



Si disponemos de una tuerca fija y de su correspondiente tornillo, al roscar éste en la tuerca avanzará a cada vuelta lo que le permita la amplitud de la rosca. Pues bien; si conocemos el paso de rosca del tornillo, o sea, lo que avanza a cada vuelta, no hay duda de que tendremos la base para ingeniarnos un aparato que nos permitirá efectuar medidas.

Pero aún hay más. Si llegamos a la posibilidad de controlar no vueltas enteras, sino partes de vuelta, habremos aumentado la fidelidad de nuestro aparato. Porque si suponemos que un tornillo tiene un paso de rosca de un milímetro (que avanza un milímetro a cada vuelta), no cabe dudar de que a cada media vuelta habrá avanzado medio milímetro; a cada décima parte de vuelta, una décima de milímetro; a cada centésima parte, una centésima de milímetro; etc.





Veamos ahora cómo esta posibilidad se ha convertido en algo real. Se ha convertido en el llamado PÁLMER. Véalo fotografiado en su totalidad. Consta de una parte fija (F) y de otra móvil (M), que están fotografiadas por separado un poco más abajo.

La parte fija consta de una pieza en forma de U que lleva unida una tuerca (T), cuyo paso de rosca es de medio milímetro, de manera que la parte móvil, que como puede ver en la foto de conjunto se desliza sobre la tuerca (T), avanza medio milímetro a cada vuelta completa. La parte móvil consta de una cabeza (C), en cuyo interior lleva el tornillo que se acopla a la rosca de la parte fija del aparato, tornillo que se prolonga en la varilla (V). La cabeza de la parte móvil está dividida en cincuenta partes iguales.

La tuerca fija lleva una escala graduada cada medio milímetro. Cuando la parte móvil está *al tope*, la varilla queda en contacto con el tope (P) y el cero de la división fija coincide con el borde de la cabeza, mientras que el cero de la graduación móvil coincide con la señal horizontal que lleva la tuerca fija.

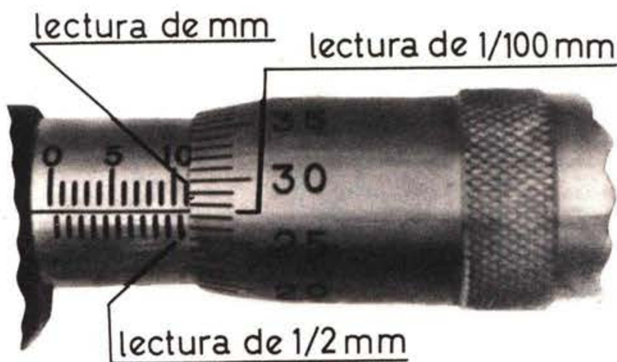
Supongamos ahora que deseamos medir un determinado elemento. Lo primero que haremos será:



lectura de mm
y medios mm

Aprisionarlo entre el tope y la varilla móvil. El tornillo, naturalmente, habrá dejado de avanzar un número determinado de vueltas, con lo que quedarán al descubierto algunas divisiones de la tuerca fija. Sabiendo que cada división corresponde a un medio milímetro podemos leer con toda comodidad los milímetros y medios milímetros exactos que mide el elemento.

Las fracciones más pequeñas de milímetro las indicará la cabeza móvil del pálmer. La división que coincida con la línea horizontal de la tuerca indicará el número de centésimas de milímetro. Observe que el elemento situado en el pálmer mide exactamente...



Once milímetros exactos que leemos en las señales superiores de la tuerca, más las centésimas de milímetro que vienen indicadas en la graduación de la parte móvil. Observe que la señal horizontal de la tuerca cae entre las 27 y 28 centésimas, casi en su mitad. Total:

11 mm + 0'275 mm = 11'275 mm

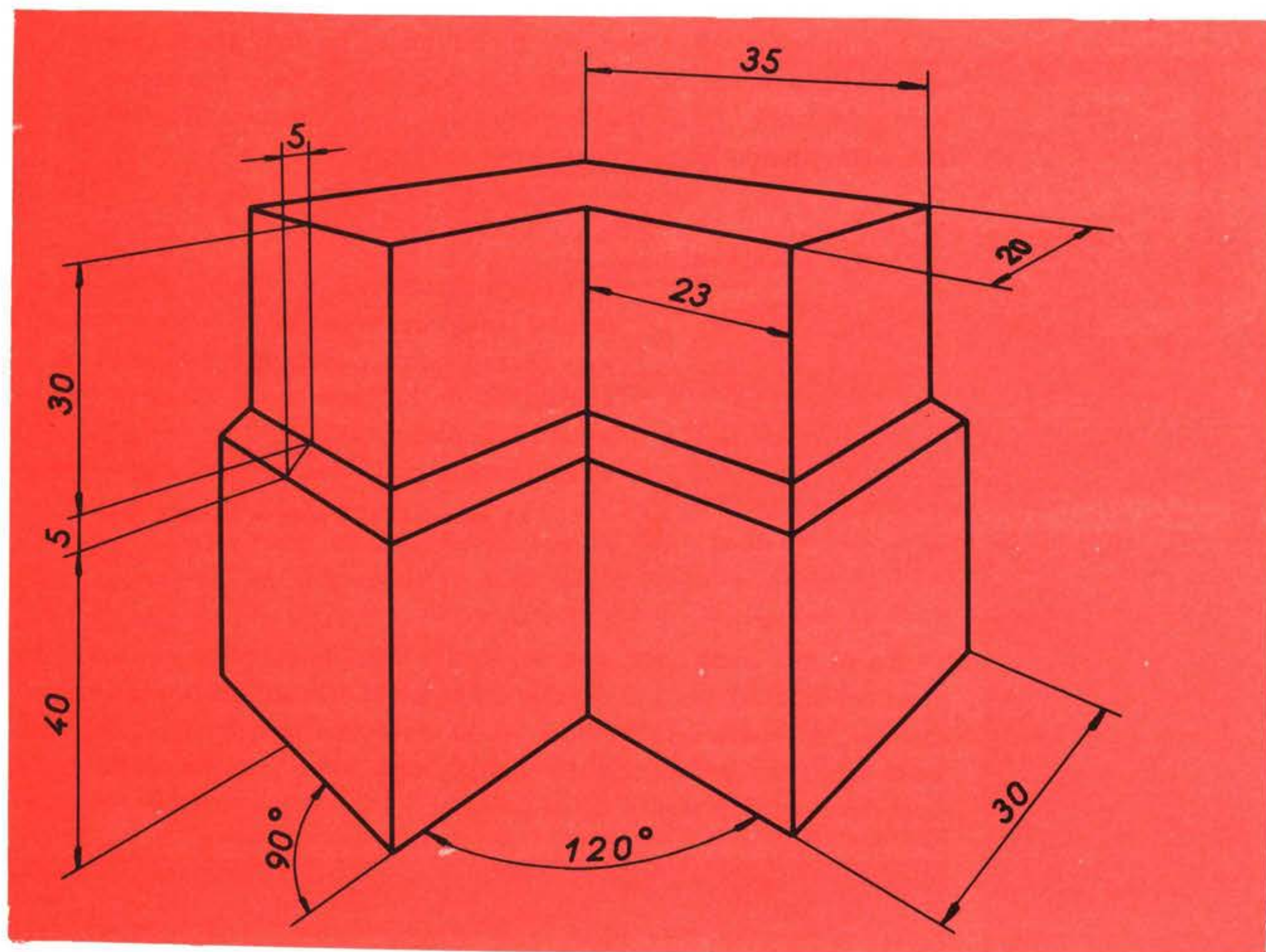
Ya sé que estas cosas cuestan mucho más de entender si no se dispone del aparato. Pero el día que tenga usted a mano un tornillo micrométrico, si repasa esta explicación, lo verá todo tan claro que sin ninguna dificultad podrá efectuar cuantas mediciones sean necesarias para el perfecto cumplimiento de su trabajo.

PRACTICAS 3

PRACTICAS SOBRE PROYECCIONES

ENUNCIADO DEL EJERCICIO N.° 4

Se trata de conseguir la proyección ortogonal diédrica de la pieza representada en esta misma página. Como puede comprobar, es una pieza formada por dos cuerpos superpuestos cuyo nexo de unión forma la parte superior de la base, con un chaflán de 45°. La característica más acusada de esta pieza es el ángulo de 120° según el cual, por decirlo así, queda doblada.

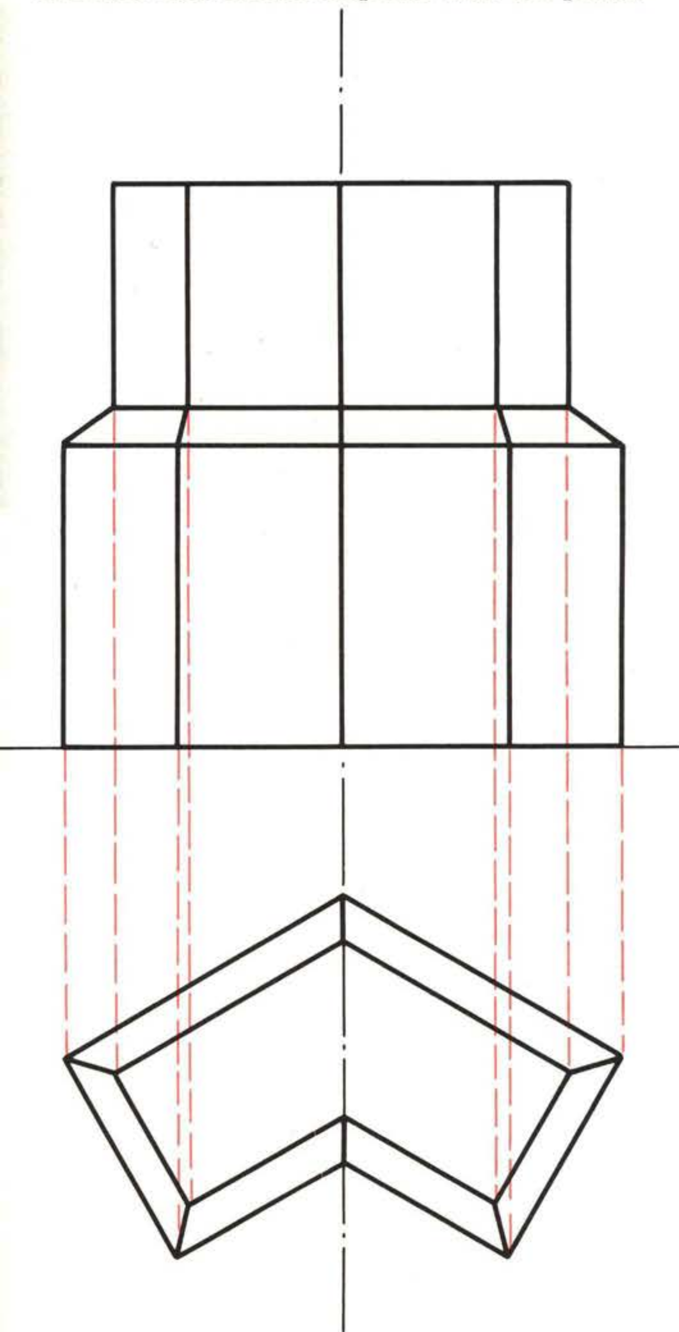


Se han añadido todas las medidas necesarias para poder dibujar sin error la proyección diédrica de esta pieza. Los valores numéricos de estas medidas representan milímetros y la proyección diédrica que vamos a dibujar debe mantener las mismas medidas indicadas. Es decir: dibujaremos a tamaño natural, sin reducir ni ampliar.

FORMA DE PROCEDER

La primera operación a efectuar consiste en situar la línea de tierra en la lámina del dibujo. En este caso concreto la línea de tierra deberá quedar un poco por debajo de la mitad geométrica de la lámina, puesto que la pieza que debemos proyectar dominará en el sentido de la altura (proyección vertical).

Otra cuestión a tener en cuenta es la situación más conveniente respecto a los dos planos de proyección. Debemos proyectar según la situación que nos dé una visión más completa de la forma real de la pieza.



Consideraremos la pieza situada de manera que el eje vertical de la proyección se convierta en bisectriz del ángulo de 120° que forma. Situados el eje vertical (centrado a la lámina) y la línea de tierra, trazaremos la proyección sobre el plano horizontal (planta) de acuerdo con la situación antedicha. Observe cómo el ángulo de 120° que forman todos los planos frontales de la pieza tienen su vértice en el eje vertical de la lámina.

Con la ayuda de un transportador de ángulos se han trazado las líneas que forman el ángulo de 120° del contorno exterior de la planta. A 5 milímetros de este contorno exterior (consulte las medidas de la pieza) hemos trazado el contorno del cuerpo superior. Uniendo los vértices de ambos contornos habremos terminado el trazado de la proyección horizontal.

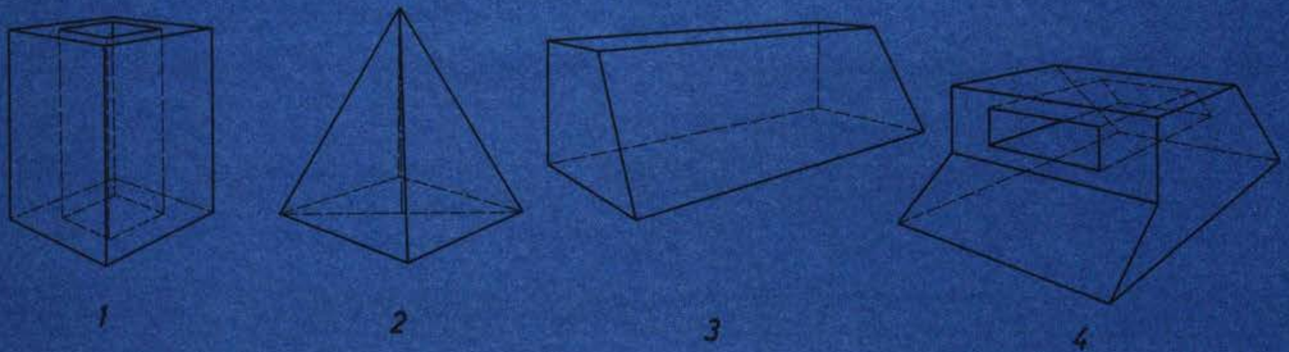
Con la ayuda de la escuadra y el cartabón trzaremos, desde cada uno de los vértices de la planta, perpendiculares a la línea de tierra, prolongándolas por encima de ella en una altura un poco mayor de la que tiene la pieza propuesta, que, como puede comprobar por las medidas dadas, es de $40 + 5 + 30 = 75$ mm.

Conociendo las distintas alturas de la pieza, podemos limitarlas sobre las verticales correspondientes en la proyección en alzado. Trazando paralelas a la línea de tierra por estos límites de alturas, tendremos solucionada la proyección sobre el plano vertical y con ella la totalidad de la proyección diédrica que nos hemos propuesto realizar.



ENUNCIADO DEL EJERCICIO N.° 5

Este nuevo ejercicio consistirá en conseguir la proyección ortogonal diédrica de las cuatro formas geométricas que, convenientemente numeradas, aparecen en esta página. La figura 1 representa un cuerpo prismático de base cuadrada con un taladro central, también cuadrado. La figura 2 es una pirámide regular de base cuadrada. La 3 es un cuerpo prismático con una de sus caras inclinadas. Finalmente, la figura 4 es un cuerpo compuesto de planos verticales y de planos inclinados con un taladro de sección rectangular.

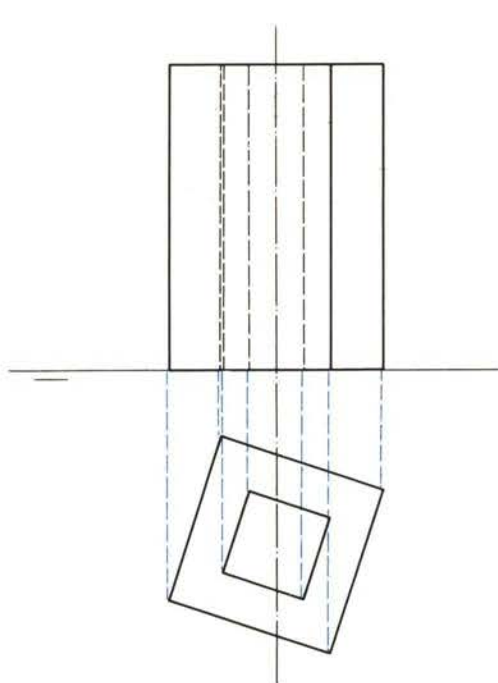


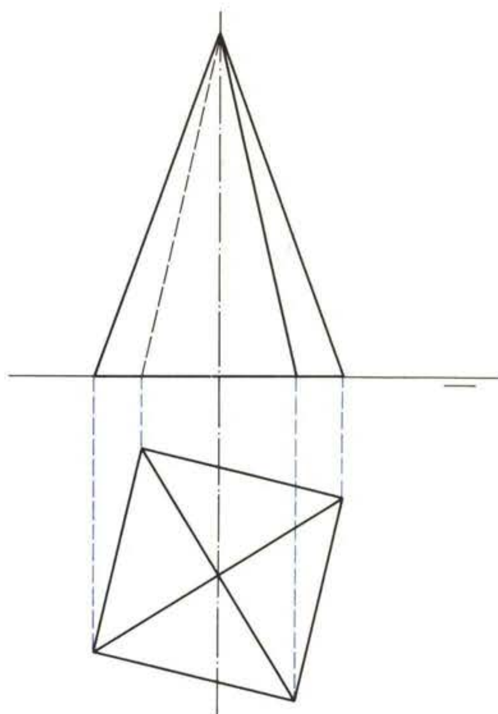
FORMA DE PROCEDER

Siempre que se trate de conseguir una proyección ortogonal diédrica empezaremos por situar la planta del objeto a proyectar por debajo de la línea de tierra. En estos problemas no estamos obligados a mantener unas separaciones determinadas respecto a los planos de proyección, por lo que consideramos que las piezas a proyectar están apoyadas sobre el plano horizontal y separadas del plano vertical a una distancia que podemos escoger libremente.

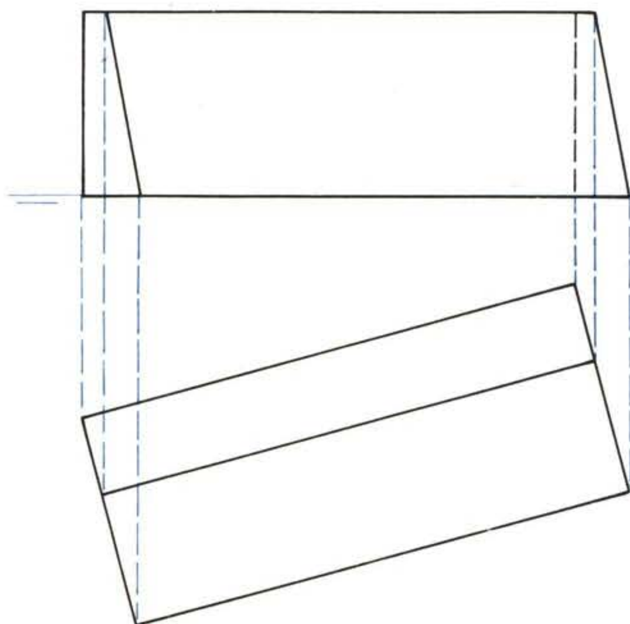
La mejor situación de la pieza respecto a los planos de proyección será siempre la que deje a la vista el mayor número posible de aristas. Por tanto, situaremos la planta de las piezas a proyectar de forma que sus lados queden inclinados a la línea de tierra, puesto que en caso de situarlas con un lado paralelo a ella quedarían más aristas ocultas.

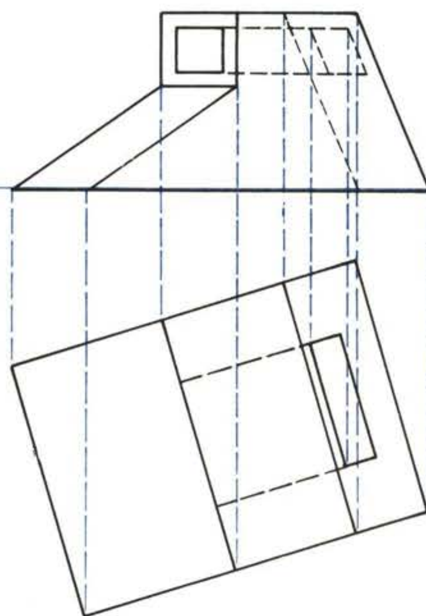
Observe una cosa: que las aristas que en la proyección vertical quedan ocultas a nuestra mirada se representan por medio de líneas de trazo. Esta es una cuestión que trataremos más adelante; pero siendo norma constante para la representación de las partes ocultas de toda pieza, vale la pena conocerla desde ahora. De esta cuestión (recuérdelo) hemos hablado al tratar de las líneas normalizadas empleadas en delineación.



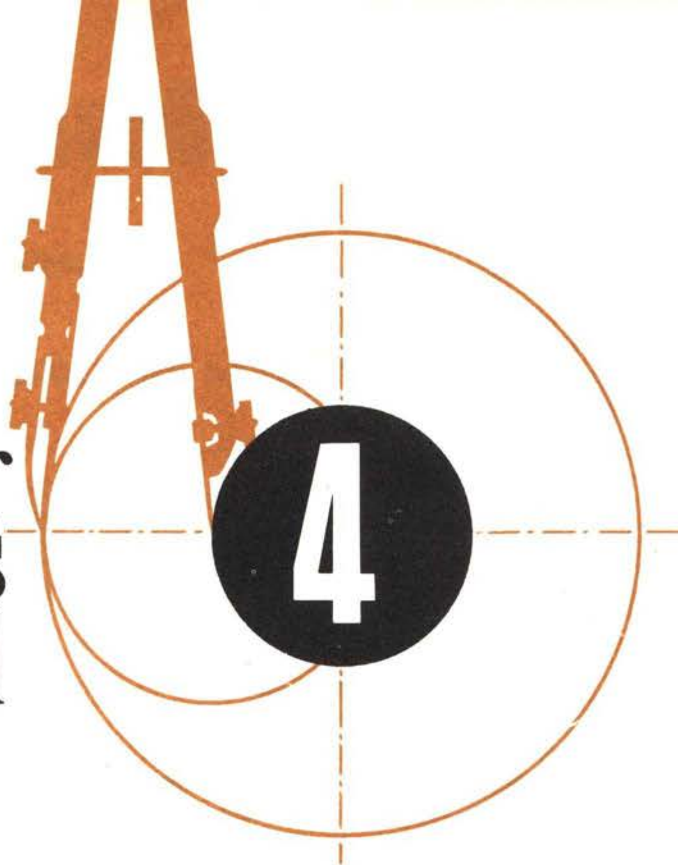


De izquierda a derecha y de arriba a bajo, puede ver las proyecciones diédricas de las cuatro formas geométricas representadas en la página anterior. Advierta como la situa- de las plantas es tal que en la proyección vertical correspondiente quedan visibles el mayor número posible de aristas.





Proyectar es fácil





AFHA

DIBUJO TECNICO

Lección 3
GEOMETRIA
Polígonos

Lección 3
DIBUJO GEOMETRICO
Polígonos regulares
Polígonos estrellados

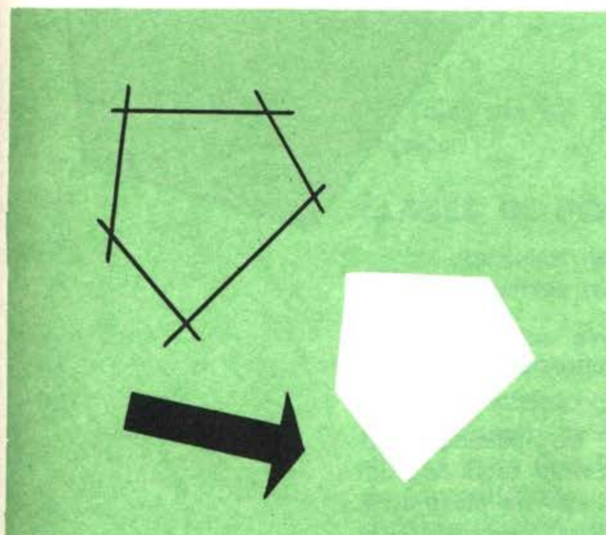
Lección 4
DIBUJO TECNICO
Escalas

Lección 3
FISICA
Superficies

Lección 4
PRACTICAS

geometría 3

POLIGONOS - CLASES DE POLIGONOS
ELEMENTOS DE UN POLIGONO
TABLA PARA CALCULAR LOS ELEMENTOS DE UN POLIGONO

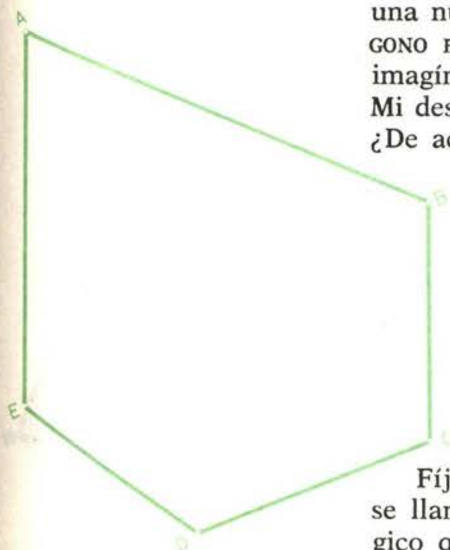


POLIGONOS

Qué es un POLIGONO?...

Tome un pedazo de papel, y empiece a trazar sobre él líneas que se corten. Algo así como lo que le indica la figura adjunta. Si todas las líneas que usted trace se cortan (o sea, que cada dos líneas tengan un punto común), forzosamente le quedará un pedazo del papel sobre el que trabaja *encerrado* por dichas líneas. Este espacio cerrado por unas líneas rectas que se cortan ¡es lo que llamamos un polígono! Se llama así a TODA SUPERFICIE PLANA LIMITADA POR LÍNEAS RECTAS. ¿Queda bien entendido lo qué es un polígono?

Ya que ha salido esta palabrita de *polígono*, que quizá le suene un poco rara, aprovecho la ocasión para hacerle una recomendación. Siempre que se encuentre con palabras nuevas, debe repetirlas varias veces, pansando en su definición. Así, por ejemplo, ahora que ha encontrado una nueva — polígono —, repítala varias veces, diciendo a la vez: POLÍGONO ES UNA SUPERFICIE PLANA LIMITADA POR LÍNEAS. Cierre los ojos, e imagínese usted muchos polígonos: de tres, de cuatro, de diez lados. Mi deseo es que esta palabra y lo que representa llegue a serle familiar. ¿De acuerdo?



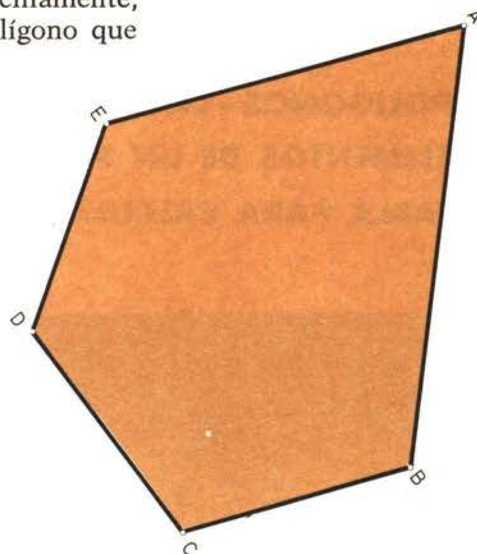
Dicho lo que antecede, pasemos a analizar cada una de las partes de que consta un polígono, ya que en todos ellos existen una serie de elementos que es necesario conocer.

Para ello, copie usted la figura, colocando las letras en el mismo sitio que tienen en el dibujo. ¿Ha terminado?... ¡Vale!

Fíjese ahora: los trozos de recta que limitan un polígono cualquiera se llaman LADOS. ¡No podría ser de otro modo! Es completamente lógico que los llamemos así, ¿verdad?

O sea: las rectas A B, B C, C D, D E y E A son los lados del polígono dibujado.

CONTORNO. — ¿Cuál será el contorno de este polígono? Sencillamente, la línea quebrada que lo cierra. Es decir, el contorno del polígono que estudiamos, será la línea quebrada A B C D E A.



PERÍMETRO. — Si medimos el contorno, tendremos lo que se llama PERÍMETRO del polígono. En dos palabras: el perímetro de un polígono es *la medida de su contorno.*

Vamos a suponer que medimos los lados de nuestro polígono y supongamos también que sus dimensiones son:

A B = 59 mm B C = 31 mm C D = 33 mm
D E = 29 mm E A = 49 mm

Por tanto, dicho perímetro valdría:

59 + 31 + 33 + 29 + 49 = 201 milímetros

Y ahora, ¡mucha atención!

El perímetro de un polígono se representa *siempre* así:

2p (dos pe).

¿Qué acabo de decirle?... Que el perímetro se representa de la siguiente manera: *2p.*

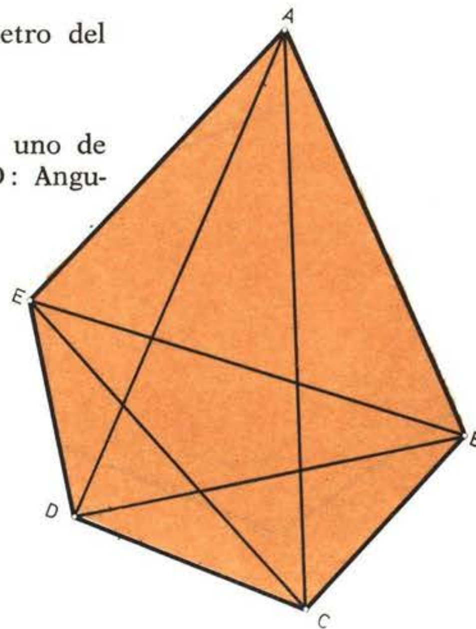
¡No olvide que el perímetro se representa por 2p! Soy pesado, ¿verdad? Si tanto insisto es por la sencilla razón de ser muy fácil confundirse y representar el perímetro por una simple letra «p» de *perímetro.* En tal caso, lo que representamos con la letra «p» es únicamente la mitad del perímetro, o dicho con otra palabra, *semiperímetro.*

Para los cálculos, en muchas ocasiones se utiliza el *semiperímetro* (p) en lugar del perímetro (2p). ¿Verdad que no olvidará esta diferencia? ¿Que cuando deba representar un perímetro lo representará por *2p* y utilizará *p* cuando se trate de la mitad del perímetro o semiperímetro?

Así, en el caso anterior, si queremos indicar que el perímetro del polígono es de 201 milímetros, lo haremos como sigue:

2p = 201 mm. (Perímetro igual a 201 milímetros.)

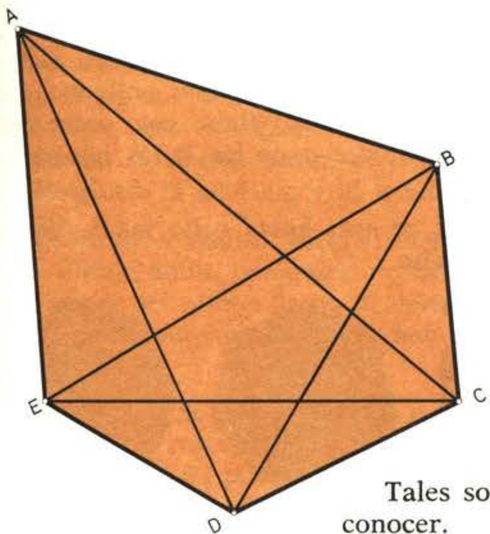
ANGULOS DE UN POLÍGONO. — Son los que se forman en cada uno de sus vértices. Por ejemplo: Vértice A: Angulo B A E. Vértice D: Angulo C D E.



DIAGONAL. — Es la recta que une dos vértices no contiguos. Dos vértices que no estén el uno a continuación del otro pueden unirse con una línea recta, ¿verdad? Vamos a probarlo. Las diagonales del polígono sobre el que estamos estudiando, serán:

A C, A D, B E, B D y C E son las diagonales de nuestro polígono.

Más valdrá que hagamos ahora un repaso general de lo dicho acerca de los elementos de un polígono. ¿Le parece? Así *refrescaremos* la memoria antes de seguir.



Lados. — Son los segmentos A B, B C, C D, D E y E A.

Vértices. — Los puntos A, B, C, D y E.

Contorno.—La línea quebrada A B C D E A.

Perímetro. — La medida del contorno. A B + B C + C D + D E + E A.

Angulos. — Los B A E, A B C, B C D, C D E y D E A.

Diagonales. — Son las rectas A C, A D, B D, B E y C E.

Tales son los elementos de un polígono que es totalmente necesario conocer.

CLASES DE POLIGONOS

Se clasifican de distintas formas según sea la característica elegida para agruparlos por clases.

Una de las principales clasificaciones es aquella que depende del número de lados Es indiscutible que podremos establecer dicha clasificación diciendo que los hay de tres, de cuatro, de cinco, de seis lados. O del número de lados que sea. Dicha así, la mencionada clasificación resulta poco científica, ya que en realidad no damos nombre a ninguno de los polígonos mencionados. Para ser científica, una clasificación necesita encontrar un nombre que agrupe todos los polígonos que reúnan las condiciones establecidas al tratar de clasificarlos.

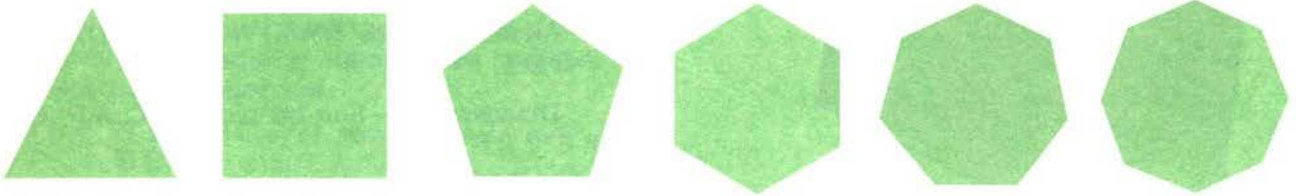
Ateniéndose a una clasificación dependiente del número de lados, los polígonos se agrupan como sigue:

De tres lados	**Triángulo**
De cuatro	**Cuadrilátero**
De cinco	**Pentágono**
De seis	**Hexágono**
De siete	**Heptágono**
De ocho	**Octágono**
De nueve	**Eneágono**
De diez	**Decágono**
De once	**Undecágono**
De doce	**Dodecágono**

A partir del de cinco lados — pentágono — toman el nombre de la palabra griega que significa cinco, seis, siete, etc., seguida de la palabra *gono*. Así, en el caso del pentágono, *penta* significa cinco y *gono*, ángulo. En el del hexágono, de *hexa*, seis.

Después del de doce — DODECÁGONO — podríamos seguir, pero considero que no hace falta. En realidad, no se trabaja con polígonos de tantísimos lados. De darse dicho caso particularísimo, con decir que se trata de dibujar uno de trece, de catorce o de los lados que sean, quedamos en paz...

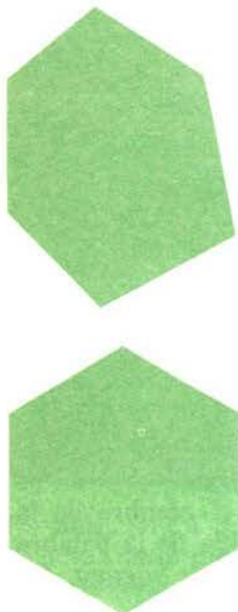
Los polígonos más usados son los de tres hasta ocho lados. Vea a continuación una muestra de cada uno.



¡Observe que tienen el mismo número de lados que de ángulos! Si seis son los lados, seis serán los ángulos. No falla. De ahí el empleo del vocablo *gono* (ángulo), ya que es lo mismo hablar de un polígono de seis lados que de seis ángulos.

Pero la clasificación más importante en los polígonos es aquella que se funda en la igualdad o desigualdad de sus distintos elementos. Concretando, en la igualdad o desigualdad de sus lados y ángulos. Según la misma, se dividen en:

Polígonos { **Regulares**, **Irregulares** }



Se dice que un polígono es *regular*, CUANDO TIENE SUS LADOS Y ÁNGULOS IGUALES. De no reunir dichas condiciones, es *irregular*.

En el gráfico adjunto se aprecia a simple vista la *regularidad* de una figura y la *irregularidad* de la otra.

Prescindiremos de los irregulares por no haber en ellos nada merecedor de ser estudiado. Por el contrario, no puede decirse lo mismo de los regulares, cuyo estudio es de lo más importante que debe afrontar un buen delineante. Puede afirmarse que no hay plano alguno en el que de una forma u otra no se trabaje con polígonos regulares. ¡Ya ve si tiene importancia su estudio! Haga acopio de paciencia, y su entusiasmo hará el resto. Simplifiquemos las cosas al máximo, no lo dude.

Antes de continuar, repitamos la definición del polígono regular.

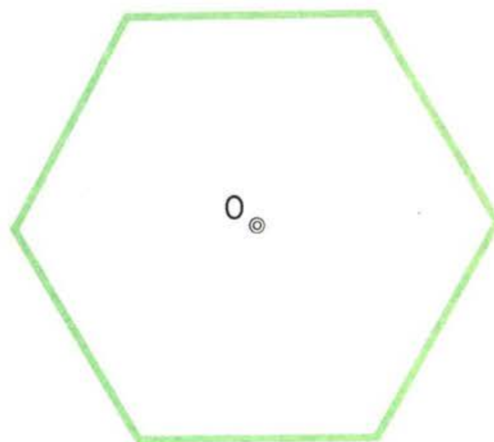
POLÍGONO REGULAR ES AQUEL QUE TIENE TODOS SUS LADOS Y ÁNGULOS IGUALES.

Remachado ya este clavo, veamos sus elementos propios, que no se encuentran en los irregulares. Son cuatro, a saber: CENTRO, APOTEMA, RADIO y ÁNGULO CENTRAL O ÁNGULO EN EL CENTRO (que es lo mismo).

ELEMENTOS DE UN POLIGONO

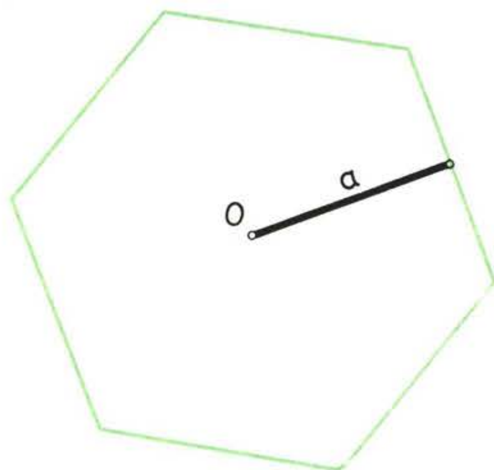
Exceptuando el CENTRO, por ser un punto y carente por tanto de dimensión, los demás elementos tienen una medida. Es decir: tienen un valor, que muchísimas veces debe calcularse para solucionar un problema de planificación, de proyección de piezas. Dichos valores son, en longitud, la APOTEMA y el RADIO; en grados, el ÁNGULO CENTRAL.

Pasemos a definir dichos elementos. Para ello dibujaremos cualquier polígono regular, que puede ser el que figura al margen. Trátase de un hexágono regular: seis lados y ángulos iguales.



O = *centro*

CENTRO. — Se llama así al punto interior del polígono regular que equidista de sus ángulos y lados. El punto que en el dibujo marginal señalamos con O es el centro, por distar lo mismo — equidistar — de todos sus lados y todos sus ángulos. Se representa siempre con la letra O.



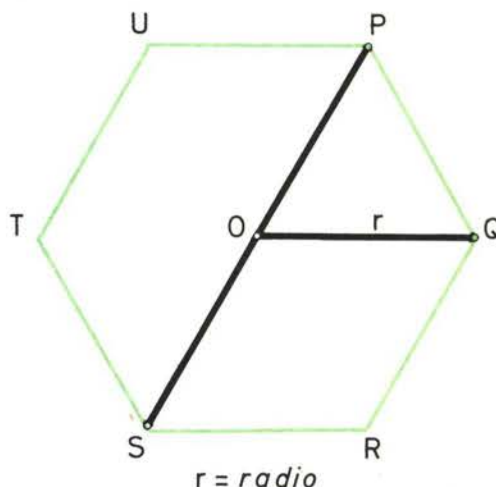
a = *apotema*

APOTEMA. — Otro nombre raro, que sin embargo no significa nada estrambótico. Llámase así a la RECTA QUE UNE EL CENTRO (O) DE UN POLÍGONO, CON EL PUNTO MEDIO DE UNO DE SUS LADOS. Si señala la mitad de un lado cualquiera de un polígono regular y la une con el centro, habrá obtenido la APOTEMA del polígono.

Es de suma importancia conocer el valor de la apotema. Su medida es de mucha aplicación en cálculos geométricos útiles al delineante. No lo olvide... ¡Ah!... Y sepa también que la apotema se representa siempre con una letra *a* minúscula.

RADIO. — Es la recta que une el centro con uno de los ángulos del polígono. Las rectas O P, O S, O Q, etcétera, del polígono que estudiamos son radios. Se representan con la letra *r* minúscula.

Observese una cosa: el radio de un polígono regular de número par de lados, es la mitad de una diagonal mayor que, en consecuencia, será el diámetro del polígono. Estos diámetros o diagonales que unen vértices diametralmente opuestos, se cortan en el centro del polígono.



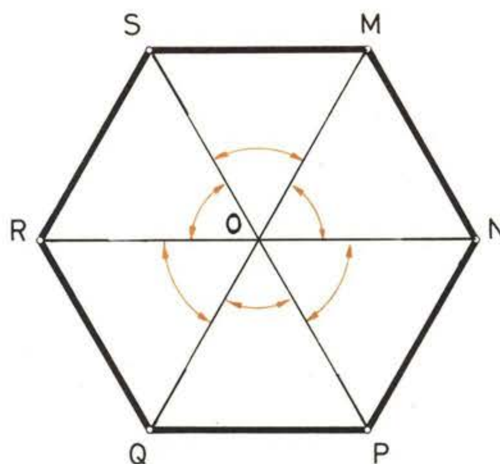
r = *radio*

ANGULO CENTRAL. — Es el formado por dos radios contiguos. Su vértice es el centro O del polígono.

En el polígono que estudiamos, son ángulos centrales los M O N, N O P, P O Q, Q O R, R O S y S O M.

TODOS LOS ÁNGULOS CENTRALES DE UN POLÍGONO REGULAR SON IGUALES.

Partiendo de esta igualdad, resulta muy fácil calcular el valor del ángulo central de un polígono, sabiendo que la suma de todos ellos es igual a cuatro rectos, o sea 360°.



ángulos centrales

Si todos los ángulos centrales de un polígono valen 360 grados, un solo ángulo central, valdrá:

$$\text{ángulo central} = \frac{360^{\circ}}{\text{número de lados}}$$

Si representamos el número de lados por la letra n y suponemos que se trata de un polígono de seis lados, su ángulo central valdrá:

$$\alpha = \frac{360}{n} = \frac{360}{6} = 60^{\circ}$$

El ángulo central se representa por la letra griega ALFA, que tiene la forma: α.

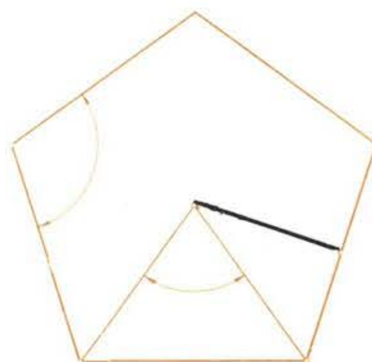
Hasta aquí todo han sido definiciones. Conviene que de ellas pasemos al cálculo de un polígono regular. En muchas ocasiones se encontrará con la necesidad de conocer, pongamos por caso, el valor de la apotema de un polígono, de su radio, de su ángulo en el centro, etc.

Para ello existen las correspondientes fórmulas matemáticas. Encontrará estas fórmulas al final del presente capítulo; pero habida cuenta de que el profesional es un hombre al que no le interesa perder el tiempo cuando no es estrictamente necesario, vamos a proporcionarle una tabla de cálculo cuyo manejo es muy simple y con la que podrá calcular todos los elementos de un polígono regular cualquiera; sólo necesitaremos medir su lado con el doble decímetro para que, aplicando las instrucciones de las tablas, obtengamos las dimensiones de los demás elementos.

N.° lados	Nombre del polígono	Angulo en el centro	Angulo en el vértice	Perímetro lado multiplicado por	Radio lado multiplicado por	Apotema lado multiplicado por	Area lado al cuadrado multiplicado por
3	Triángulo	120°	60°	3	0,58	0,29	0,43
4	Cuadrado	90°	90°	4	0,71	0,50	1
5	Pentágono	72°	108°	5	0,85	0,69	1,72
6	Exágono	60°	120°	6	1,—	0,87	2,60
7	Eptágono	51°26′	128°34′	7	1,15	1,04	3,63
8	Octágono	45°	135°	8	1,31	1,21	4,83
9	Eneágono	40°	140°	9	1,46	1,37	6,18
10	Decágono	36°	144°	10	1,62	1,54	7,69
11	Undecágono	32°44′	147°16′	11	1,77	1,70	9,37
12	Dodecágono	30°	150°	12	1,93	1,87	11,20

¡Esta sí que es una buena noticia, amigo! Conociendo el valor del lado de un polígono puede, con las presentes tablas, conocer el valor de los demás elementos con suma facilidad... hasta un polígono de doce lados.

Veamos su manejo. Para ello partiremos de un ejemplo. Supongamos que se trata de calcular los elementos del pentágono regular que figura al margen. Si con el doble decímetro medimos el lado, veremos que su valor es exactamente de 30 milímetros. Con ello hay bastante.



El valor del ángulo central nos lo da directamente la tabla sin necesidad de cálculo alguno. Basta con buscar en la columna *Angulo en el centro* y bajar hasta encontrar el valor correspondiente al pentágono o polígono de cinco lados. Corresponde a la tercera casilla de la columna, y leemos: 72 grados. Luego:

EL ÁNGULO CENTRAL DEL PENTÁGONO VALE 72 GRADOS.

Lo mismo se hará para hallar el valor del ángulo en el vértice, o simplemente: el ángulo del polígono. En la columna siguiente, donde dice *Angulo en el vértice* y en la tercera casilla perteneciente a la fila del pentágono, leemos directamente que el ángulo en el vértice vale 108 grados.

EL ÁNGULO EN EL VÉRTICE DEL PENTÁGONO VALE 108 GRADOS.

En el caso del perímetro, sabemos que el mismo es la suma de todos los lados del polígono. También sabemos que cuando es regular todos los lados son iguales. En resumen: el valor del perímetro será el del lado multiplicado por el número de lados. Como indica la columna perteneciente a los perímetros, el del pentágono regular será el valor del

lado multiplicado por cinco, número de lados. En nuestro caso, y valiendo el lado 30 milímetros..

$$2p = 30 \times 5 = 150 \text{ milímetros.}$$

Recuerde que representamos siempre el perímetro por *2p*.

Con la apotema, busque en la columna correspondiente la cantidad que pertenece a la fila del pentágono, y como indica la casilla superior. la obtendremos multiplicándola por el valor del lado. Será:

$$a = 30 \times 0'69 = 20'7 \text{ milímetros.}$$

Para el radio basta, como en el caso anterior, con multiplicar el valor del lado por la cantidad que expresa la casilla correspondiente a la columna del radio. Siguiendo con el mismo pentágono, obtendremos:

$$r = 30 \times 0'85 = 25'5 \text{ milímetros.}$$

Esta «r», no lo olvide, representa el radio.

ÁREA. — Siendo el cálculo más complicado que debe hacerse con la tabla, no por ello deja de ser sencillísimo. Se trata únicamente de elevar al cuadrado el valor del lado (como se indica en la casilla superior de la última columna) y multiplicar el resultado por la cantidad que se indica en la casilla correspondiente al polígono que estudiamos, o sea, el pentágono. Vea:

$$S\ A = 30^2 \times 1'72 = 900 \times 1'72 = 1.548 \text{ milímetros cuadrados.}$$

A significa la superficie o área.

Todo lo que hasta ahora hemos hecho con un pentágono, puede usted hacerlo con otro polígono, con sólo conocer la medida del lado.

¿Ha encontrado dificultades en el manejo de la tabla? Creo que no. Estoy seguro que su posesión representará para usted una auténtica ayuda en lo sucesivo. Tal ha sido mi intención.

Las fórmulas matemáticas que permiten el cálculo de los distintos elementos de un polígono son las siguientes:

ANGULO EN EL CENTRO: $\alpha = \dfrac{360°}{\text{n.° de lados}} = \dfrac{360°}{n}$

ANGULO DEL POLIGONO: $d = 180 - \text{ángulo en el centro} = 180 - n$

PERIMETRO: $2p = \text{longitud del lado} \times \text{número de lados} = l \times n$

RADIO: $r := \frac{1}{2} \times \sqrt{l^2 + 4a^2}$

AREA: $A = \text{semiperímetro} \times \text{apotema} = p \times a$

APOTEMA : $a = \sqrt{r^2 - \dfrac{l^2}{4}}$

dibujo geométrico 

CON LA REGLA Y EL COMPAS DIBUJO DE POLIGONOS REGULARES POLIGONOS ESTRELLADOS

En el capítulo de Geometría hemos empezado el estudio de los polígonos regulares. Por lo estudiado se habrá percatado de la importancia que damos al tema, y sin duda se habrá preguntado de qué puede servir conocer tantas cosas sobre los polígonos si de ello no podemos sacar una consecuencia práctica. Pues bien: vamos ahora a la práctica.

Los polígonos, cierto, son una de las piedras de toque del delineante. Es fabuloso el número de problemas que resuelve el delineante gracias al conocimiento que tiene de los polígonos. En definitiva: que todo delineante necesita saber al pie de la letra el proceso a seguir para conseguir un trazado perfecto de los principales polígonos regulares. A eso vamos:

Los polígonos regulares de mayor uso son los siguientes:

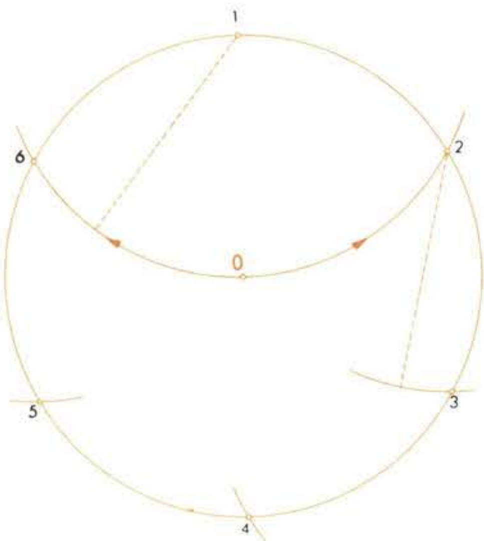
El triángulo equilátero
El cuadrado
El pentágono regular y el pentágono estrellado
El hexágono regular y el hexágono estrellado
El heptágono regular y el heptágono estrellado
El octágono regular y los dos octágonos estrellados
El eneágono regular y los tres eneágonos estrellados
El decágono regular y los tres decágonos estrellados

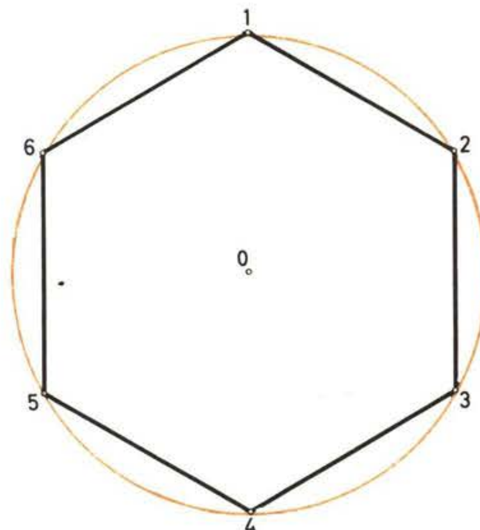
En todos los casos, el problema queda resuelto trazando una circunferencia y dividiéndola en tantas partes iguales como lados deba tener el polígono.

A efectos de su construcción puede decirse que algunos polígonos son derivados de otros. Por ejemplo: diremos que el triángulo equilátero es derivado del hexágono regular y que el octágono es derivado del cuadrado.

Y dicho eso, vamos a empezar por lo más fácil, para lo cual deberemos sacrificar el orden dado a los polígonos según el número de sus lados Empezaremos por...

EL HEXAGONO REGULAR Y EL HEXAGONO ESTRELLADO



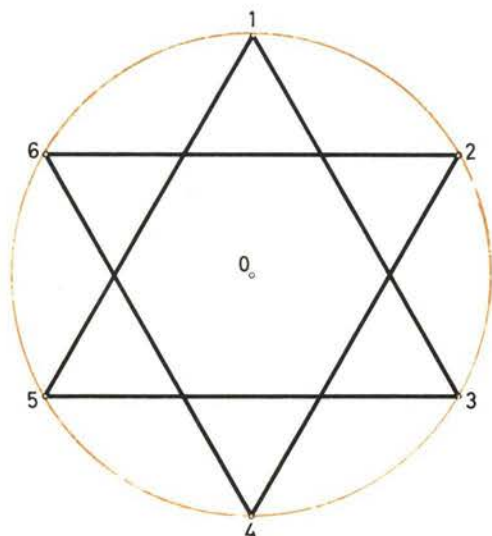


Con el compás, trazamos una circunferencia de radio... ¡el que nos convenga! y cuyo centro (O) situaremos asimismo de acuerdo con las conveniencias del plano. Este es el primer paso.

Acto seguido, Y SIN HABER PERDIDO LA ABERTURA DEL COMPÁS, situaremos su punta sobre un punto cualquiera de la circunferencia. Digamos que es el punto 1. Así, pues, *con centro en 1*, trazamos con el compás (que es de suponer no habrá perdido su medida) dos señales sobre la circunferencia. Estas señales son 2 y 6. Sacamos la punta del compás del punto 1 y la trasladamos al punto 2. *Con centro en 2*, trazamos la señal 3. Si a continuación hacemos lo mismo desde el punto 6, obtendremos la señal 5. Ahora, desde 3, conseguiremos la última señal: el punto 4.

Comprenda la importancia que tiene para esta construcción mantener el compás siempre a la misma abertura, sin ninguna variación. De ello depende la exactitud de la construcción.

Finalmente: uniendo mediante segmentos rectilíneos los puntos 1, 2, 3, 4, 5 y 6, habremos obtenido el polígono que nos interesa.

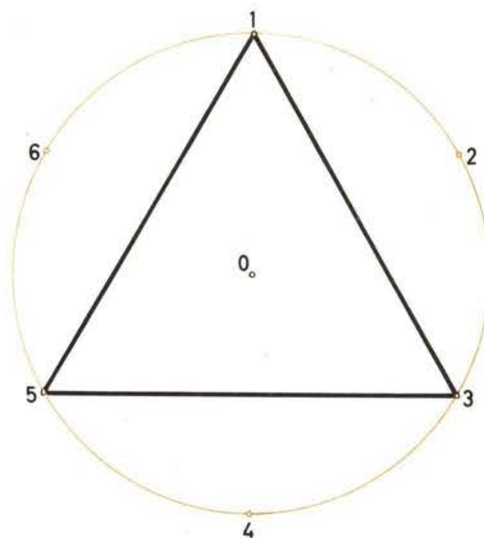


Si lo que nos interesa no es el polígono normal, sino el hexágono estrellado, procederemos de la misma forma, pero al unir los puntos encontrados sobre la circunferencia lo haremos alternándolos. Uniremos el punto 1 con 3 y 5. Luego el 2 con 4 y 6... etc. La figura lo indica con toda claridad.

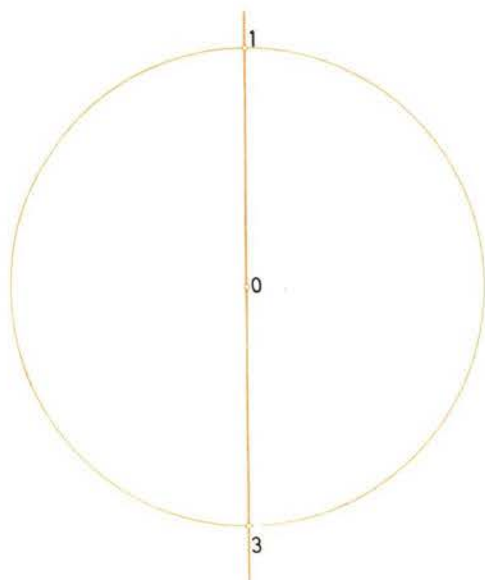
EL TRIANGULO EQUILATERO

Trace una circunferencia y proceda de la misma forma como se ha hecho para la obtención del hexágono regular. Llegue hasta la obtención de los seis puntos de la circunferencia y, en vez de unirlos todos, únalos alternados: 1, 3 y 5. Ya tenemos el triángulo equilátero, que *es un triángulo cuyos lados son todos iguales.*

Naturalmente, no hay triángulos estrellados. Es imposible.



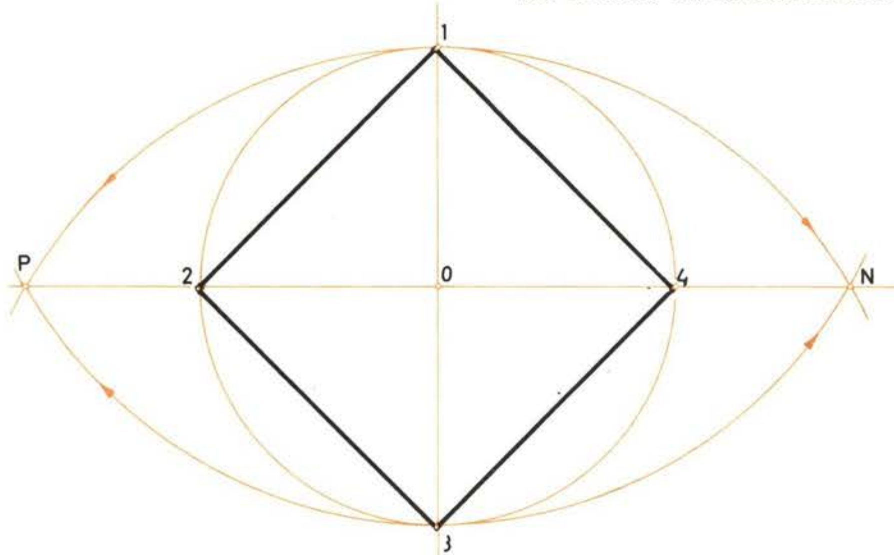
EL CUADRADO



Como siempre empezaremos por trazar una circunferencia. El problema quedará resuelto en cuando hayamos conseguido dividir esta circunferencia en cuatro partes iguales. Es fácil conseguirlo.

Tenemos ya la circunferencia ¿no?... Pues trace usted una recta cualquiera que pase por el centro O. Esta recta cortará la circunferencia en dos puntos, que podemos llamar punto 1 y punto 3. Estos dos puntos son ya dos de los vértices de nuestro futuro cuadrado.

Tome el compás y, con centro en 1 (o sea, apoyando la punta en 1), ábralo hasta que la punta que lleva la mina quede situada sobre el punto 3. Sin mover la punta de 1 trace usted el arco de circunferencia que pasa por 3.



Llamamos arco de circunferencia simplemente a un trozo de ella. Toda curva trazada con el compás y que no llega a ser una circunferencia entera, es un arco de circunferencia, ¿entendido?... Bien: tenemos el arco P - 3 - N. Sígalo con la vista; gracias.

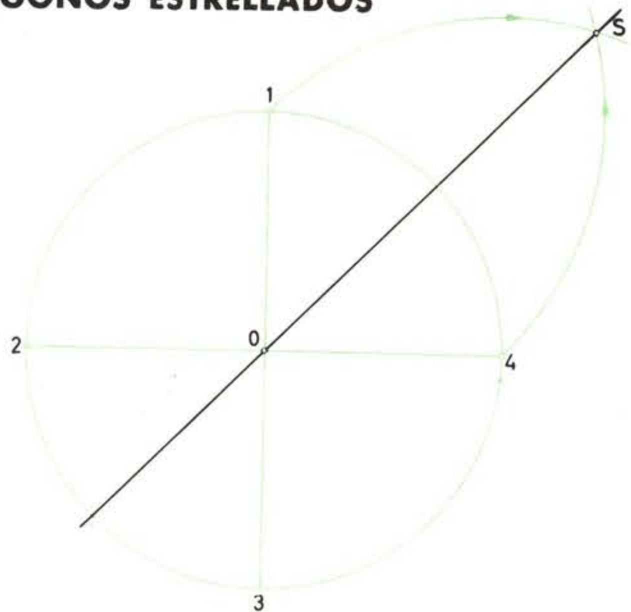
Desde el punto 3, trazaremos otro arco que pase por el punto 1. Naturalmente, la abertura del compás, o sea el radio con que se traza este arco, será la distancia entre los puntos 3 y 1.

Trazamos el arco P - 1 - N. Estos arcos, fatalmente, se cortarán en los puntos P y N. Una, pues, estos dos puntos mediante una recta, y allí donde corte a la circunferencia tendrá usted otros dos puntos (el 2 y el 4) que serán los dos vértices del cuadrado, que nos faltaban. Basta unir los cuatro puntos para obtener la figura deseada.

Fácil y divertido; no puede negarlo.

Tampoco hay cuadrados estrellados.

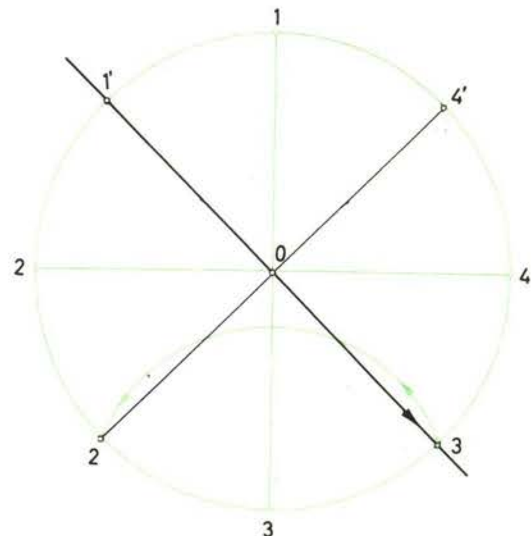
EL OCTAGONO REGULAR Y LOS OCTAGONOS ESTRELLADOS



El octágono regular (polígono de ocho lados iguales) se deriva del cuadrado, puesto que tiene doble número de lados. Para su construcción, operaremos igual que como lo hemos hecho para el cuadrado, hasta conseguir los cuatro puntos. Supongamos, pues, que tenemos la circunferencia dividida en las cuatro partes iguales cuyos puntos son el 1, el 2, el 3 y el 4. Repito que es lo que hemos hecho en el problema anterior.

Ahora, con centro en el punto 1, tracemos un arco que pase por el punto 4, tal como el 4 - S. Acto seguido, hacemos lo mismo, pero con centro en el punto 4. Obtenemos el arco 1 - S.

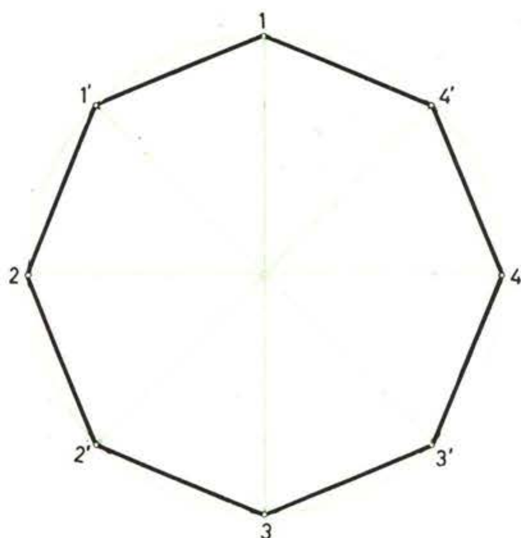
Los dos arcos trazados, naturalmente, se cortan en el punto S. Si traza una recta que pase por S y el centro O de la circunferencia, esta recta cortará la misma en los puntos 4' y 2'. Tenemos ya seis puntos y nos faltan dos para tener los ocho necesarios. Vamos a conseguirlos inmediatamente:

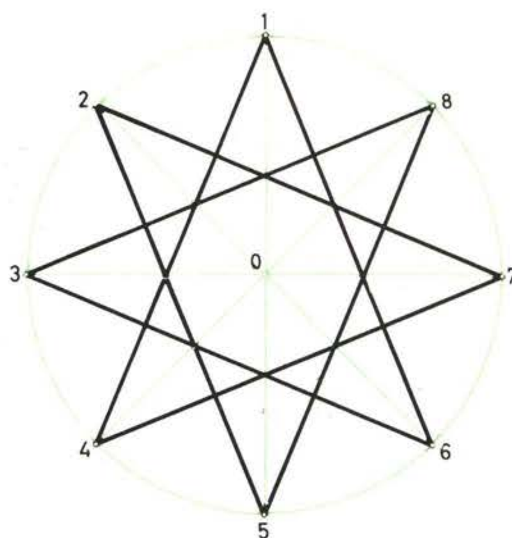


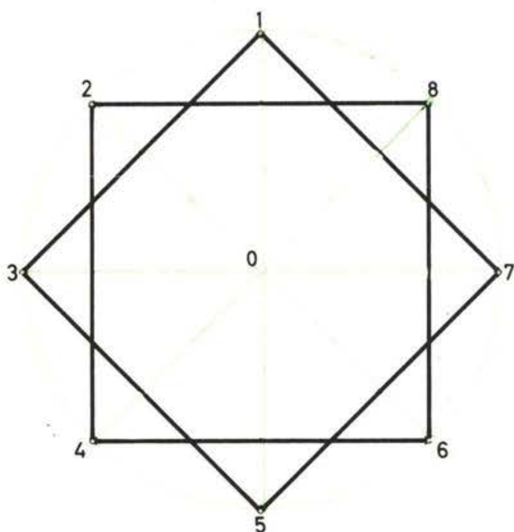
Haga centro en el punto 1 y, con un radio 1 - 4', trace el arco 4' - 1'. Ya tenemos otro punto: el 1'. Trace la recta que pase por el centro O desde 1', y su prolongación cortará la circunferencia en 3'. Ya está.

Sólo nos queda unir con rectas los ocho puntos que hemos encontrado, para tener completa la figura pedida.

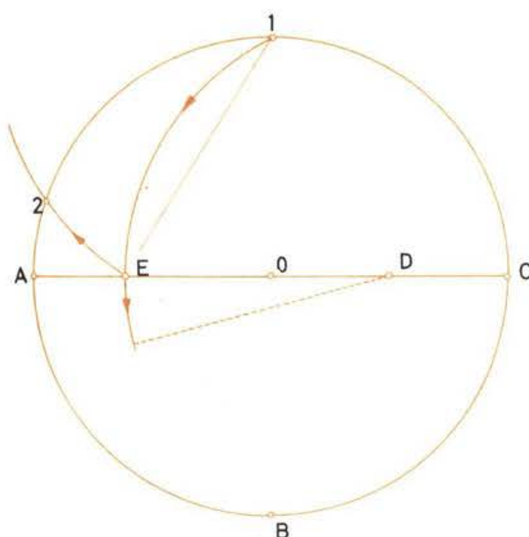
Existen dos octágonos estrellados que se obtienen de igual manera, pero uniendo los puntos por el orden siguiente: 1, 4, 7, 2, 5, 8, 3, 6, 1. o bien 1, 3, 5, 7, 1 y 2, 4, 6, 8, 2

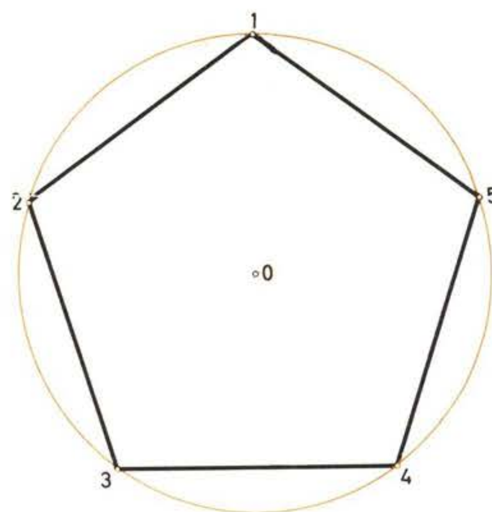






EL PENTAGONO REGULAR Y EL PENTAGONO ESTRELLADO

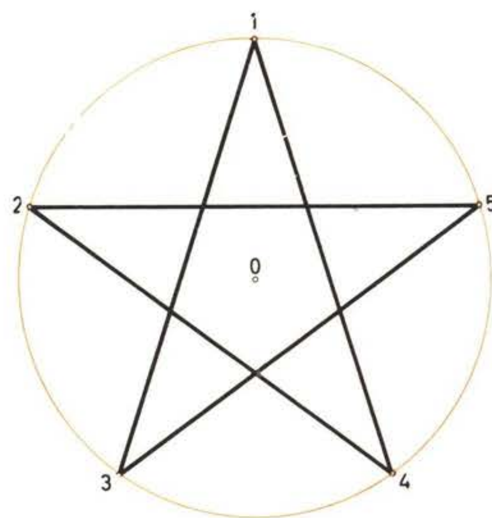




Para dividir la circunferencia en cinco partes iguales se empieza por dividirla en cuatro. Eso, naturalmente, ya sabe hacerlo. Por este sistema habremos obtenido los puntos 1, A, B y C.

Trace la recta A C, que naturalmente pasará por el centro O. Acto seguido busque el punto medio del segmento O C. Este punto será el D.

¡Compás a la vista! Con centro en D, ábralo hasta 1 y trace el arco 1 - E. Habrá obtenido sobre la recta A C un nuevo punto auxiliar: E.



Hecho esto, centre el compás en 1 y con una abertura de 1 hasta E, trace el arco E - 2. Tiene ya el punto 2 del pentágono que buscamos.

Tome de nuevo el compás y con una abertura 2 - 1, apoye la punta en 2 y trace la señal 3. ¡Ya tenemos otro punto! Sólo nos falta hacer centro en 3 y con la medida anterior señalar el punto 4 y, desde 4, el punto 5.

Uniendo 1, 2, 3, 4 y 5, habremos llegado al final del problema.

¿Cómo conseguir el pentágono estrellado?... Casi me parece innecesario decirlo: uniendo los puntos por este orden: 1, 3, 5, 2, 4, 1. Nada más fácil.

EL DECAGONO REGULAR Y LOS DECAGONOS ESTRELLADOS

Este polígono (el decágono regular) es un derivado del pentágono, puesto que tiene doble número de lados. Partiremos, pues, de la construcción de un pentágono. Supongamos el problema resuelto y digamos que los vértices del pentágono de partida son los puntos 1, 2, 3, 4 y 5.

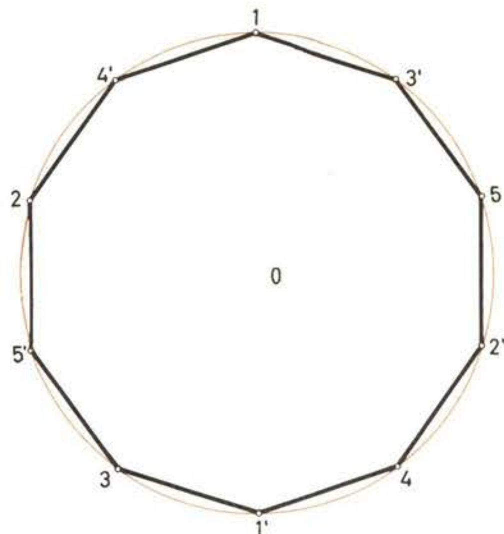
Si une el punto 1 con el centro O de la circunferencia y lo prolonga, tendrá una recta que corta la circunferencia por el punto 1'. Si hace lo mismo desde el punto 2, obtendrá el punto 2'. Repitamos la operación desde 3, 4 y 5 y habremos obtenido los puntos 3', 4' y 5'. Total, los puntos o vértices del decágono.

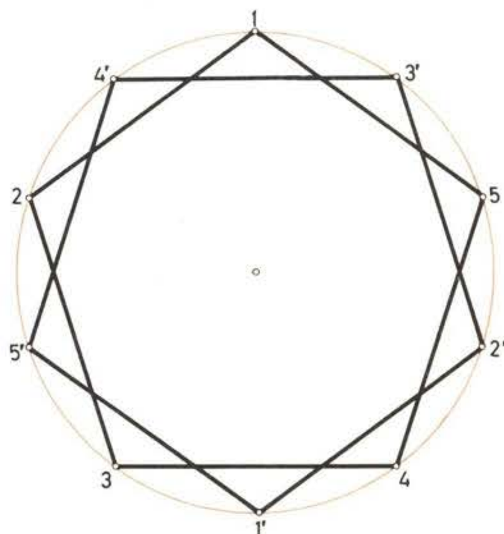
Uniendo estos puntos correlativamente tendremos el decágono regular.

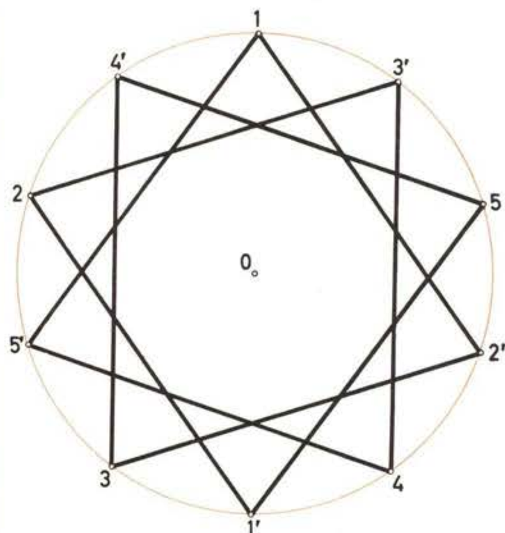
Pero si los unimos alternados, uno sí, otro no, tendremos el primero de los decágonos estrellados.

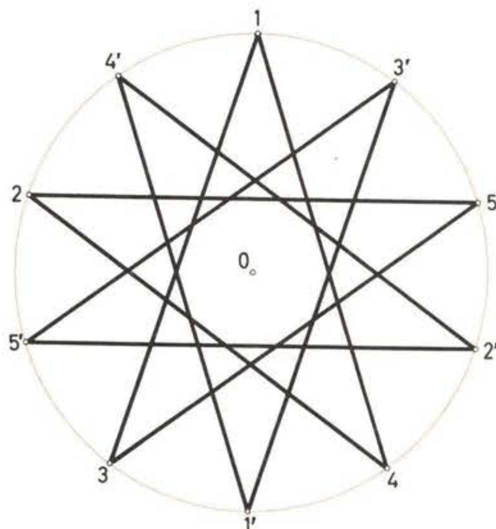
El segundo estrellado, lo tendremos si unimos los puntos dejando dos. Y, finalmente si dejamos tres puntos, obtendremos el decágono estrellado que nos queda.

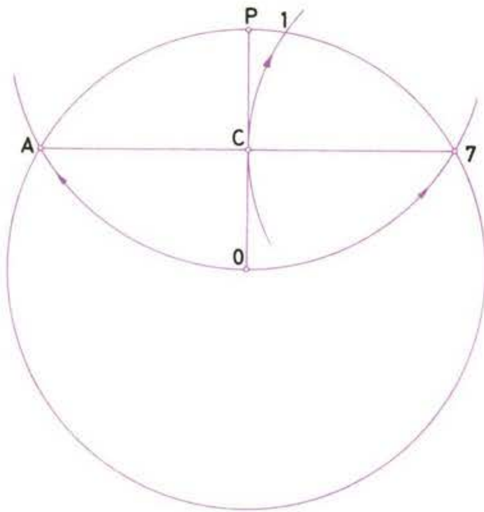
Las figuras creo que son suficientes para comprender la marcha a seguir para la obtención de los estrellados del decágono regular.











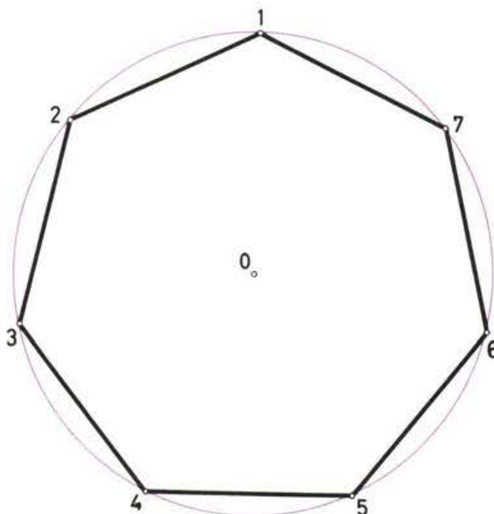
EL HEPTAGONO REGULAR Y LOS HEPTAGONOS ESTRELLADOS

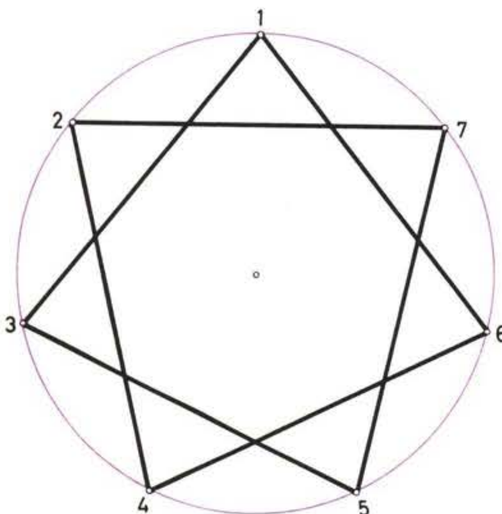
Tendremos solucionado el problema en cuanto hayamos encontrado la longitud del lado del heptágono (polígono de siete lados).

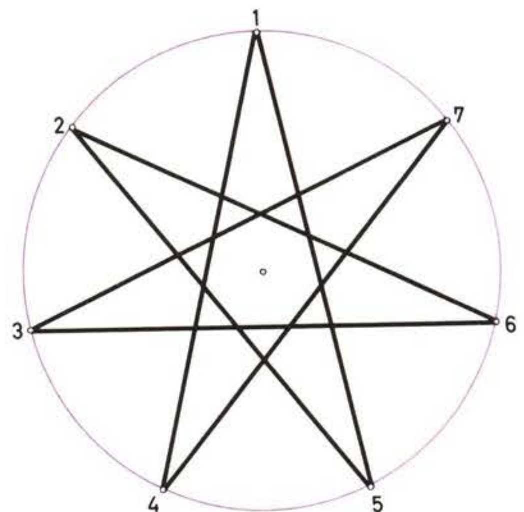
Para ello, y como siempre, tracemos una circunferencia. Desde un punto cualquiera de ella (el P, por ejemplo) trazamos un arco de circunferencia que pase por el centro O. (Tendremos la punta del compás en P y la mina en O, recuérdelo.) Este arco puede ser el A-O-7. Se unen A y 7 y luego P con O. Estas dos rectas se cortan en el punto que llamamos C. Finalmente, con centro en 7 y con una abertura de compás igual a 7-C, trazamos el arco C-1. Pues bien: ¡La distancia 7-1 es igual al lado del heptágono!

Tomando con el compás la medida 1-7, iremos señalando sobre la circunferencia los demás puntos (2, 3, 4, 5, 6), con lo cual tendremos todos los vértices del polígono.

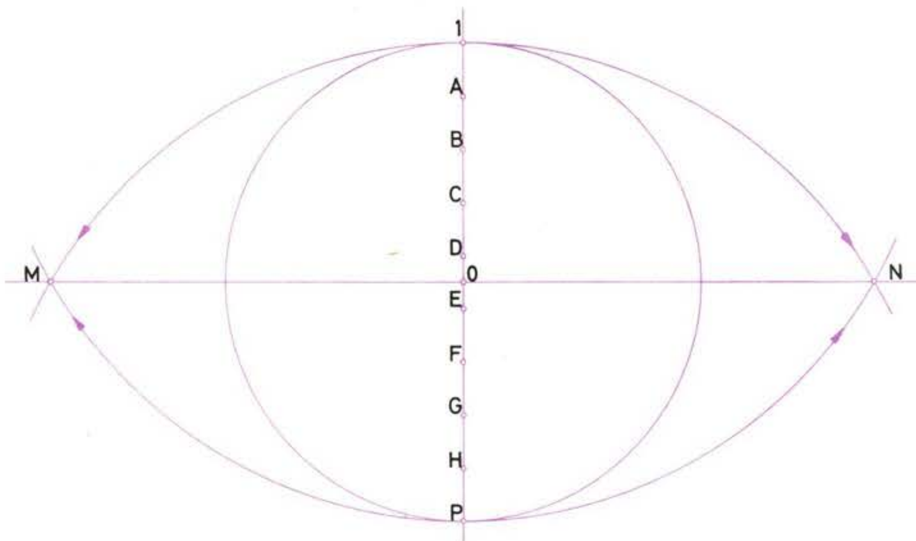
Si unimos los vértices de uno en uno, tendremos el heptágono regular. Uniéndolos alternados (uno sí, otro no) o bien saltándonos dos, llegaremos a la construcción de los dos heptágonos estrellados, que puede ver representados al margen.





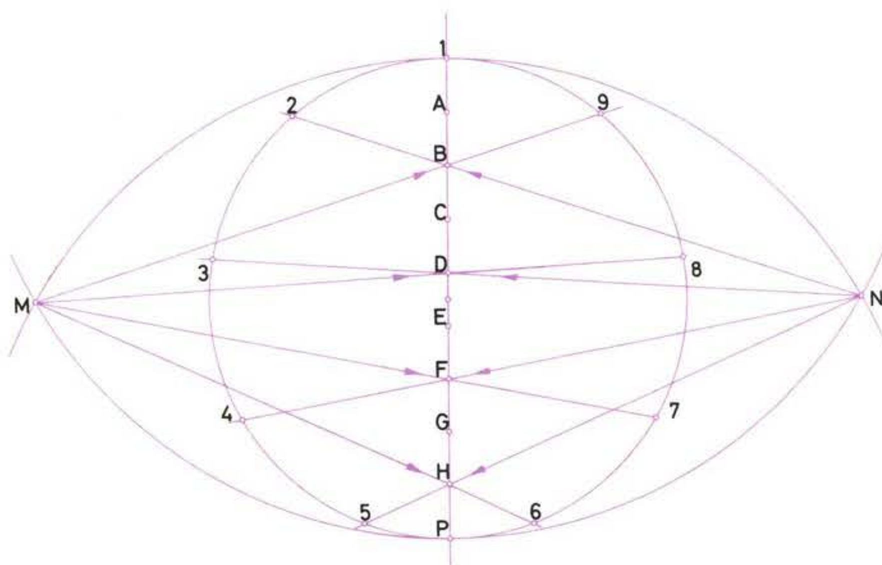


EL ENEAGONO REGULAR Y LOS ENEAGONOS ESTRELLADOS



Primero, desde luego, trazamos la circunferencia. Después, una recta que pase por su centro, tal como la 1 - P. Tenemos una circunferencia y la recta 1 - P, recta que dividiremos en nueve partes iguales. Tome, pues, una regla graduada y divida la medida del segmento en nueve partes. Se trata de obtener los puntos A, B, C, D, E, F, G y H.

La tercera operación consiste en trazar, desde 1 como centro, el arco que pase por P: el M - P - M. Y la cuarta, el arco M - 1 - N, haciendo centro en P. Obtenemos los puntos M y N.

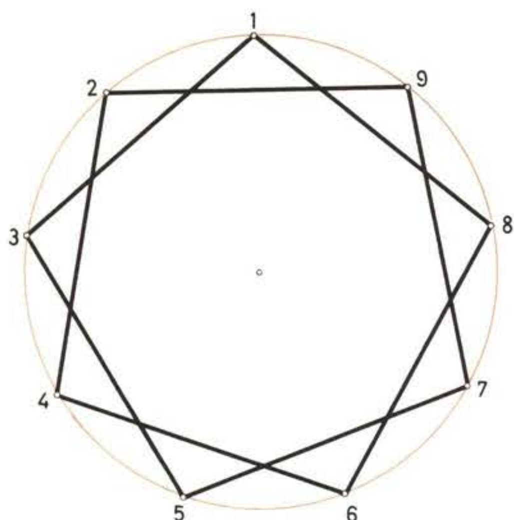


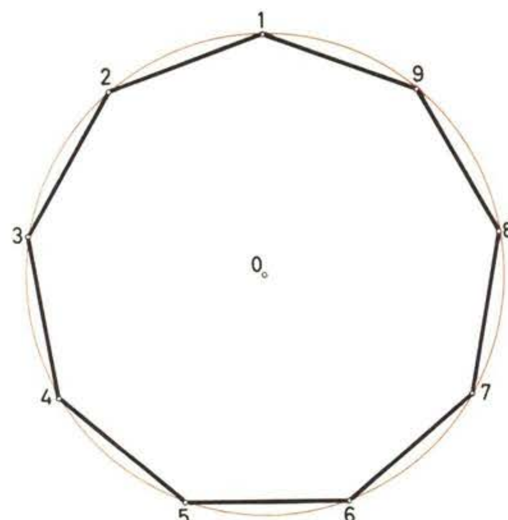
Trazando desde M una recta que pase por el punto B, obtenemos sobre la circunferencia el punto 9. Trazando desde M rectas que pasen por los puntos D, F y H, obtenemos respectivamente los puntos 8, 7 y 6.

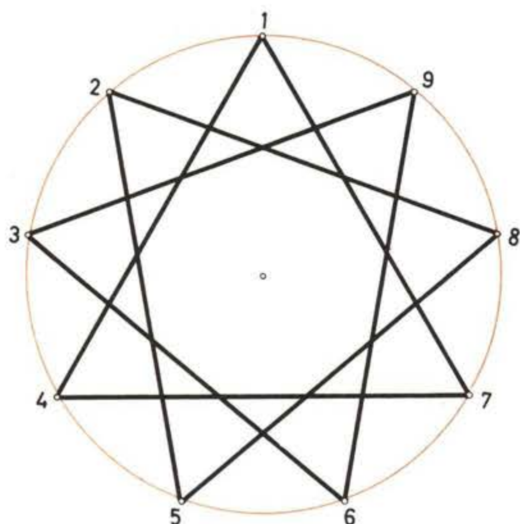
Dejemos el punto M y vámonos a N. Desde este punto, haciendo pasar rectas por B, D, F y H, obtenemos los puntos 2, 3, 4 y 5.

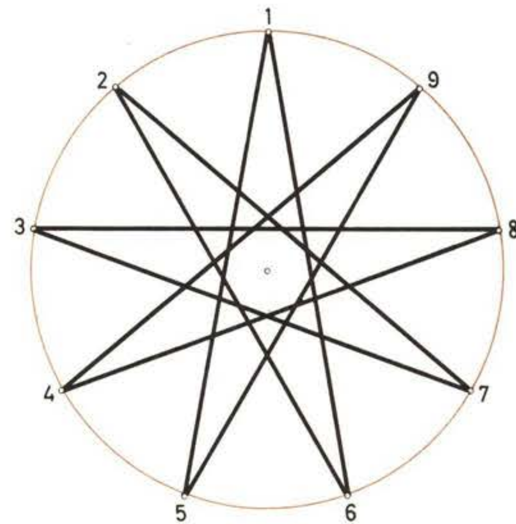
Unamos los vértices y aparecerá el eneágono regular. Nueve lados iguales.

Podemos obtener tres polígonos estrellados. Son los que puede ver en la ilustración. Ella misma le dirá cómo han sido obtenidos.









ADVERTENCIA

Lo que acabamos de estudiar tiene una importancia capital dentro del quehacer diario del delineante. Piense sólo en la enorme cantidad de objetos que tienen una sección poligonal y comprenderá que de estas construcciones no hay delineante que se escape. Tuercas, cabezas de tornillo... ¿Qué son los engranajes sino derivaciones de los polígonos estrellados?... Infinidad de pilares son de base cuadrada o hexagonal. Campanarios, baldosas... y un sin fin de cosas más que irían saliendo si nos lo propusiéramos.

dibujo técnico 

ESCALAS NORMALIZADAS
ESCALAS DE PROPORCION

DIBUJAR A ESCALA

En mis tiempos de aprendiz de maestro, durante este período de prácticas que todo novel profesor debe pasar, fuí destinado a un parvulario. Mi misión era la de, medio en serio medio jugando, iniciar a los pequeños en las cosas del dibujo. Le aseguro que es una experiencia muy interesante observar cómo los pequeñines, contrariamente a lo que puede parecer, razonan con una lógica aplastante. Lógica condicionada a sus mentalidades infantiles, desde luego, pero irrebatible si consideramos que el niño concibe ideas absolutas, sin término medio. Los malos de una aventura deben ser malos del todo; y los buenos, sin mácula. ¡A ellos que no les vengan con medias tintas!

Usted se preguntará el motivo de esta disertación sobre psicología infantil, lo comprendo. Es que quiero explicarle lo que me pasó con un alumno. Cierto día, después de una lectura que trataba de los distintos sistemas de locomoción, propuse a mis muchachos que dibujasen en una cuartilla una locomotora a vapor.

Bien; aún no había pasado media hora (los niños son muy expeditivos cuando se trata de complacer a un maestro) tenía encima de la mesa dos docenas de locomotoras, más o menos convencionales, pero en las que no faltaba ningún detalle: humo, maquinista, bielas, etc. Siguieron lloviendo locomotoras hasta que llega uno y me entrega el papel en blanco. Naturalmente, me sorprende y le pregunto la causa por que no ha dibujado *el tren* que les había pedido. El *hombre*, muy serio, me responde que lo que les he pedido no es posible hacerlo. Entonces, respondo, ¿cómo te explicas que tus compañeros hayan sabido hacerlo?...

Pensé que con esta pregunta estimularía su amor propio, pero ¡qué va! Más serio que un diplomático en un congreso, ¿sabe qué me contestó?... Pues ni más ni menos que si los otros lo habían hecho es que eran tontos y les tenía sin cuidado la verdad. ¡¡¡Cómo voy a dibujar una cosa tan grande en un papel tan pequeño!!!

Si se hubiera tratado de una persona mayor lo más seguro es que lo hubiera mandado a paseo; pero ¡era un niño de seis años! Además, pensándolo bien, tenía toda la razón. La tenía por dos motivos: primero porque recordaba que les había pedido una locomotora *de verdad*, y segundo, porque el muchacho no tenía obligación alguna de saber nada sobre proporciones. Yo había pedido una locomotora *de verdad;* él lo había tomado al pie de la letra y por pura lógica se había encontrado ante un imposible.

Me encontraba ante una mentalidad absoluta; y le aseguro que ante casos parecidos lo mejor es salirse por la tangente y esperar que el tiempo haga evolucionar aquella inteligencia (estaba ante un niño extraordinariamente inteligente) y le ponga en condiciones de pensar que el tamaño de las cosas no sólo debe valorarse en cuanto a sus dimensiones absolutas.

¿Ha pensado alguna vez en la importancia que tiene para la ciencia, y concretamente para la proyectiva, estar en condiciones de comprender la relatividad de unas dimensiones? Si no llegamos a comprenderlo, estamos imposibilitados para la delineación y en consecuencia para fabricar lo dibujado.

Si un maestro dijese a un niño de seis años que la hormiga tiene la cabeza más grande que el elefante, lo más seguro es que pensara que *el señor* maestro se ha vuelto más loco que un cencerro. En cambio usted, que ya no es un niño, comprende en seguida que la afirmación no es ningún disparate porque piensa que *en proporción* la hormiga tiene realmente una cabeza enorme, mientras que el elefante la tiene más bien pequeña. Imagine una hormiga ampliada al tamaño real de un elefante y le asustará pensar en la enorme cabezota que tiene el animalito.

Sí; existe algo llamado proporciones gracias a lo cual no tenemos inconveniente en afirmar que una casa dibujada en un papel de 30 × 40 centímetros puede representar un edificio mucho mavor que otra dibujada en un papel de 1'5 × 3 m. Si las cosas, para ser construídas, debieran dibujarse a tamaño natural... bueno; es mejor no pensarlo: estaríamos enterrados en papel.

El delineante, en efecto, dibuja siempre de acuerdo con las proporciones del edificio, pieza, máquina... o lo que sea, considerados en su tamaño definitivo; pero lo hace reduciéndolo a las medidas más convenientes, excepto en aquellos casos en los que conviene dibujar (por el tamaño del objeto a construir) a tamaño natural.

COMO DIBUJAR A ESCALA

Dibujar a escala no es otra cosa que hacerlo a un tamaño distinto del que realmente tiene o tendrá lo dibujado, pero *conservando sus mismas proporciones*. Dicho de otra manera: dibujar a escala es encontrar una figura semejante a otra y cuyas medidas conserven con las correspondientes del modelo unas proporciones conocidas.

Supongamos una pared de 3 m de altura por 5 m de ancho. Ni hablar de dibujarla a tamaño natural, es lógico. Pero nadie nos impide dibujarla una mitad más pequeña. Con ello tendremos un dibujo de 1'5 por 2'5 m. Indicando en el dibujo que la pared real tiene unas dimensiones

dobles a la dibujada, el albañil que deba construirla no tendrá más trabajo que multiplicar por 2 las medidas dadas en el plano.

Sin embargo, un plano de 1'5 metros de altura sigue siendo una enormidad. ¿Y si el plano lo hacemos cinco veces más pequeño que la realidad?... ¿Vamos a probarlo?

Si todas las medidas del dibujo deben ser cinco veces menores que las reales, las obtendré dividiendo entre cinco las medidas definitivas. La altura, que será de tres metros, deberé dibujarla de:

$\frac{3}{5} = 0{,}60$ m. La altura, en el dibujo, será de 60 cm.

Hagamos lo mismo con la anchura:

$$\frac{5}{5} = 1 \text{ m.}$$

De esta forma tendríamos un dibujo de 0'60 por 1 metros. Habríamos dibujado a una escala de 1 : 5 (escala uno es a cinco o simplemente escala uno, cinco). La notación ESCALA 1 : 5, debajo del plano, indica que todas las medidas vienen reducidas a su quinta parte.

NOTA IMPORTANTE. — Las aberturas de los ángulos que, como sabe, vienen dadas en grados, minutos y segundos, no sufren alteración alguna al dibujar a escala.

EJEMPLO PRACTICO N.° 3

— Dibujar a escala 1 : 500 la fachada principal de una fábrica.

El edificio en cuestión es este cuya perspectiva tiene usted en la página siguiente. Se trata, como puede comprobar, de un edificio industrial de carácter moderno con un cuerpo en forma de torre y un cuerpo de predominio horizontal. Esta perspectiva, como puede ver, está acotada, lo que es lo mismo que decir que lleva indicadas las medidas reales del edificio.

Empecemos por calcular las medidas totales, que por las acotaciones comprobamos que son de 49 m de longitud, por 36 de altura máxima. Estas dos medidas, a escala 1 : 500, resultarán 500 veces más pequeñas.

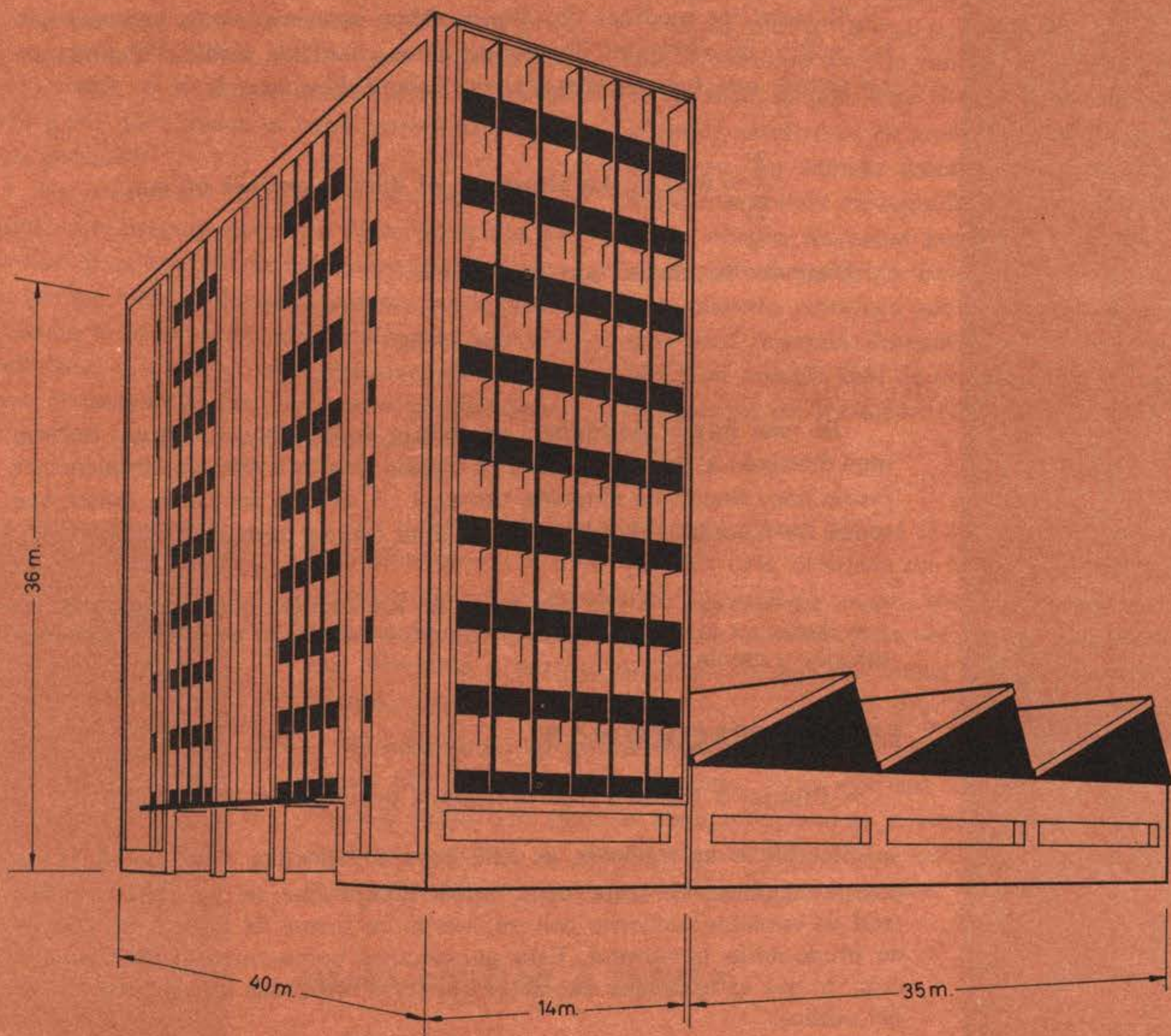
La longitud, a escala, será de:

$$49 : 500 = 0'098 \text{ m} = 9'8 \text{ cm.}$$

La altura, a escala, será de:

$$36 : 500 = 0'072 \text{ m} = 7'2 \text{ cm.}$$

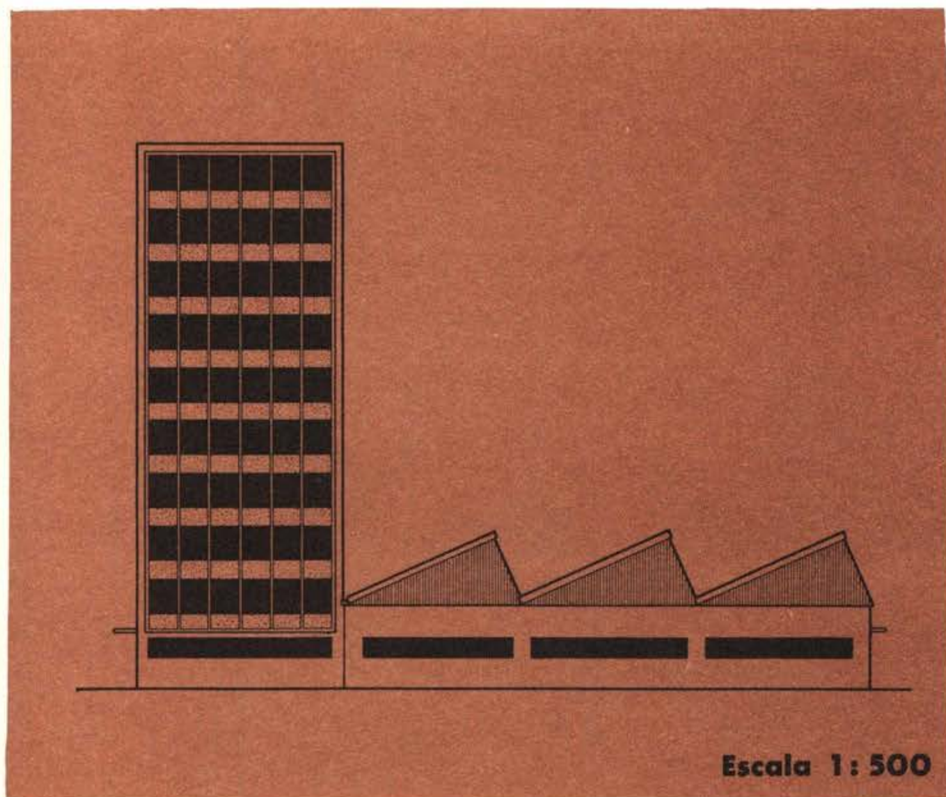
EJEMPLO PRACTICO N.º 3A



En esta perspectiva sólo se han indicado las cotas que dan una idea general de las dimensiones del edificio. No tratamos de desarrollar un plano completo, sino de hacer un ejercicio de escalas.

Interesa que observe la limpieza y modernismo de este dibujo, para que empiece a comprender que la delineación es un arte que no sólo requiere dominio técnico, sino que también exige por parte del delineante lo que en términos generales se llama buen gusto.

Ya podemos establecer en la lámina las dimensiones generales del edificio y, a partir de aquí, las medidas intermedias: anchura de la torre, aberturas, separaciones entre las aberturas, etc. El proceso es siempre el mismo, ya lo sabe:



Dividir la medida real, por el número de escala (el 500 en nuestro caso). El resultado es la medida que debemos señalar en el plano.

Compruebe cómo, tomando las medidas del plano y multiplicándolas por 500, volvemos a las dimensiones reales del edificio.

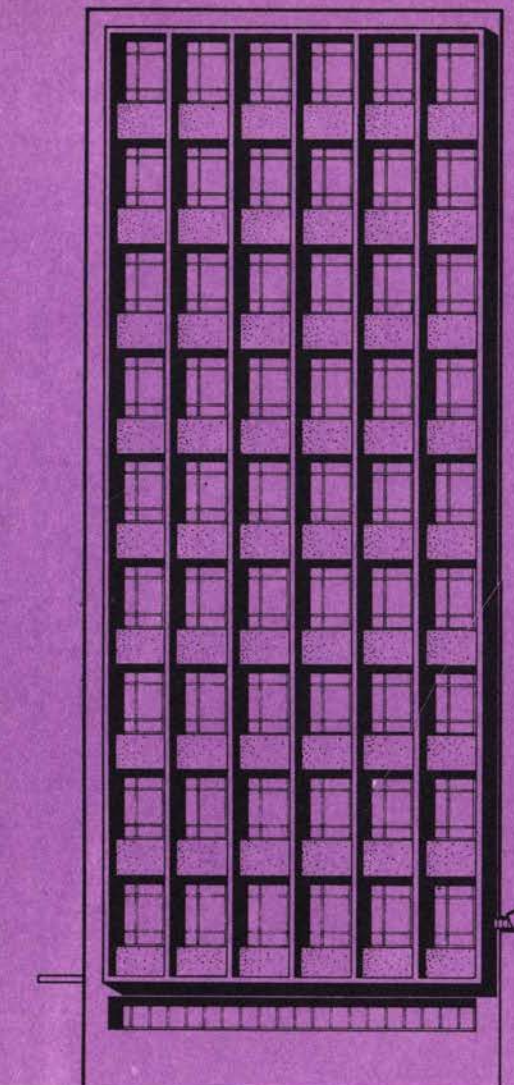
Y para acabar de redondear la cuestión, vea en la página siguiente (ejemplo práctico n.º 3 B) este mismo alzado a escala 1 : 250. Entreténgase en comprobar cómo las medidas del plano son el resultado de dividir las dimensiones reales del edificio entre 250.

INDICACION DE LA ESCALA EN UN PLANO

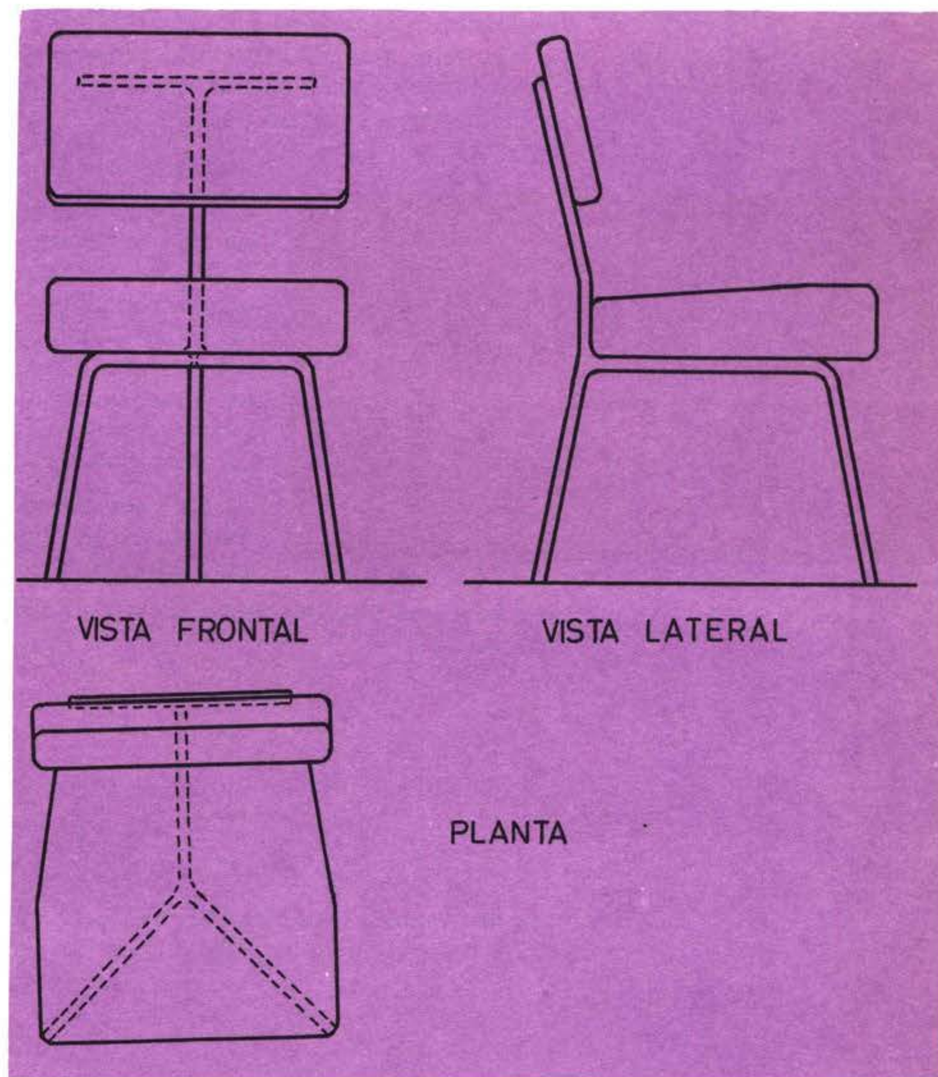
Todo plano debe llevar *siempre* la indicación pertinente para saber a qué escala ha sido dibujado.

La indicación viene dada por dos números separados por dos puntos (:) que indican la relación de proporcionalidad a que están las medidas del plano con las del original a tamaño natural.

EJEMPLO PRACTICO N.° 3B
Escala 1 : 250



Por ejemplo: Si en un plano aparecen estos dos números 1 : 100, sabremos que está dibujado a escala *uno es a cien*, o simplemente escala uno, cien. Más concreto todavía: un metro del modelo a tamaño natural, en el plano se ha reducido cien veces y, por lo tanto, vendrá representado por una distancia de 1 cm (recuerde que un metro es igual a 100 centímetros).



¿Recuerda usted esta silla?... En la segunda lección la reprodujimos a un tamaño arbitrario; pero ahora ya podemos hacerlo a una escala determinada. En efecto: la silla, tal y como viene dibujada en esta página, está a escala 1 : 10.

Sabiendo lo cual le será muy fácil descubrir las distintas medidas que tendría el modelo una vez construído. Se trata simplemente de tomar las medidas del plano y...

Piense, medite. Seguro que sabe hacerlo. Pero en caso de duda, siga leyendo, pues a continuación vamos a solucionar el problema.

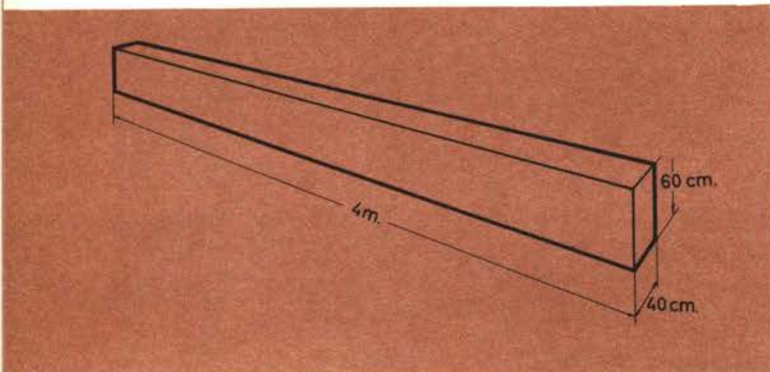
DOS PROBLEMAS USUALES QUE SE PRESENTAN AL DIBUJAR A ESCALA

Estos problemas son:

EJEMPLO PRACTICO N.° 4

a) PASAR DE LAS DIMENSIONES REALES A SUS CORRESPONDIENTES A ESCALA.

Sabiendo que una escala viene indicada por dos números que están en proporción, para hallar el valor correspondiente de una medida real en la escala necesaria, se multiplica el valor real por el primer número y se divide por el segundo.



Ejemplo:

Supongamos la pieza que tenemos representada al margen. Para dibujarla a escala 1 : 20, lo primero que deberemos hacer es tomar sus medidas. Procederemos con un metro de taller a esta operación y comprobaremos sus medidas. Supongamos que esta pieza tiene las dimensiones que quedan indicadas sobre el mismo dibujo. Dibujando a escala 1 : 20 ¿qué medidas deberemos establecer en el plano?

Multiplicaremos cada medida por el primer número de la notación de escala y la dividiremos entre el segundo:

La barra en cuestión tiene en la realidad 4 m de largo, que a escala 1 : 20, serán:

$$\frac{4 \cdot 1}{20} = 0'2 \text{ m} = 20 \text{ cm.}$$

La anchura es de 40 cm, que a escala serán:

$$\frac{40 \cdot 1}{20} = 2 \text{ cm.}$$

Y, finalmente, la altura real es de 60 cm. Procederemos igual y tendremos para el plano a escala 1 : 20 la siguiente medida:

$$\frac{60 \cdot 1}{20} = 3 \text{ cm.}$$

En consecuencia, el plano a escala 1 : 20 de esta barra sería el que tiene en la lámina.

EJEMPLO PRACTICO N.° 5

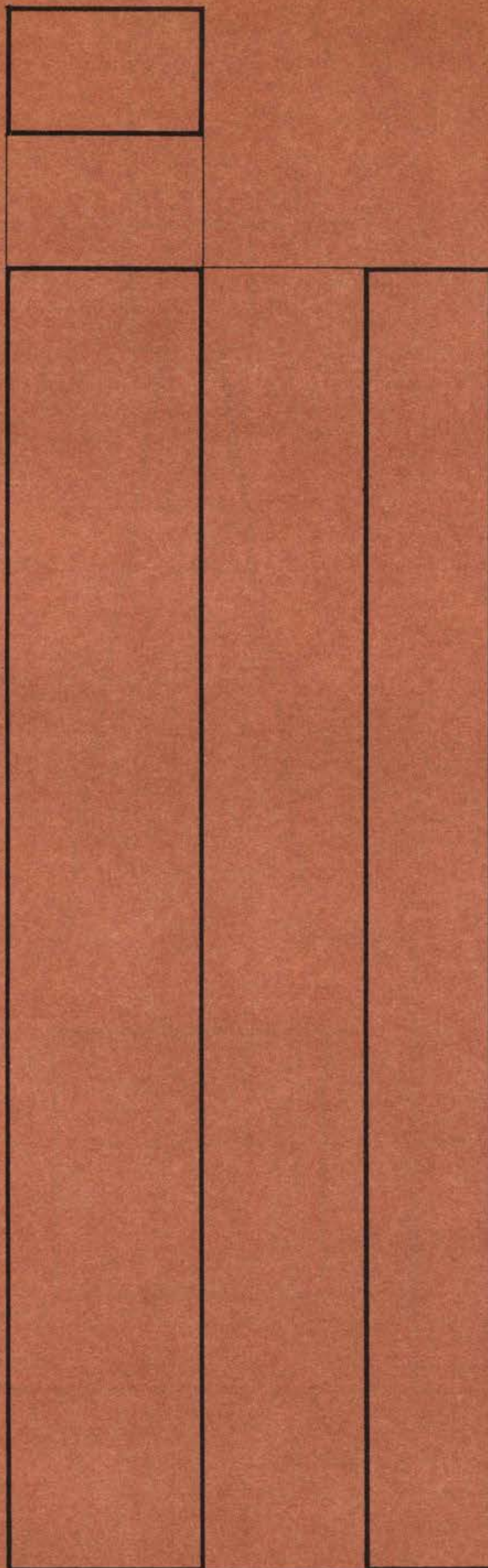
b) PASAR DE LAS MEDIDAS DE UN PLANO Y PREVIO CONOCIMIENTO DE SU ESCALA A LAS MEDIDAS REALES DE LA PIEZA.

Es el problema inverso y vamos a enfocarlo directamente a partir de un ejemplo.

La vista principal de la pieza en cuestión es la que aparece en la página 162. Gracias a la notación de escala sabemos que esta vista se ha dibujado reduciendo cinco veces el tamaño real de la pieza; se ha dibujado a escala 1: 5. Con ello se quiere decir que la pieza real deberá ser

EJEMPLO PRACTICO N.º 4

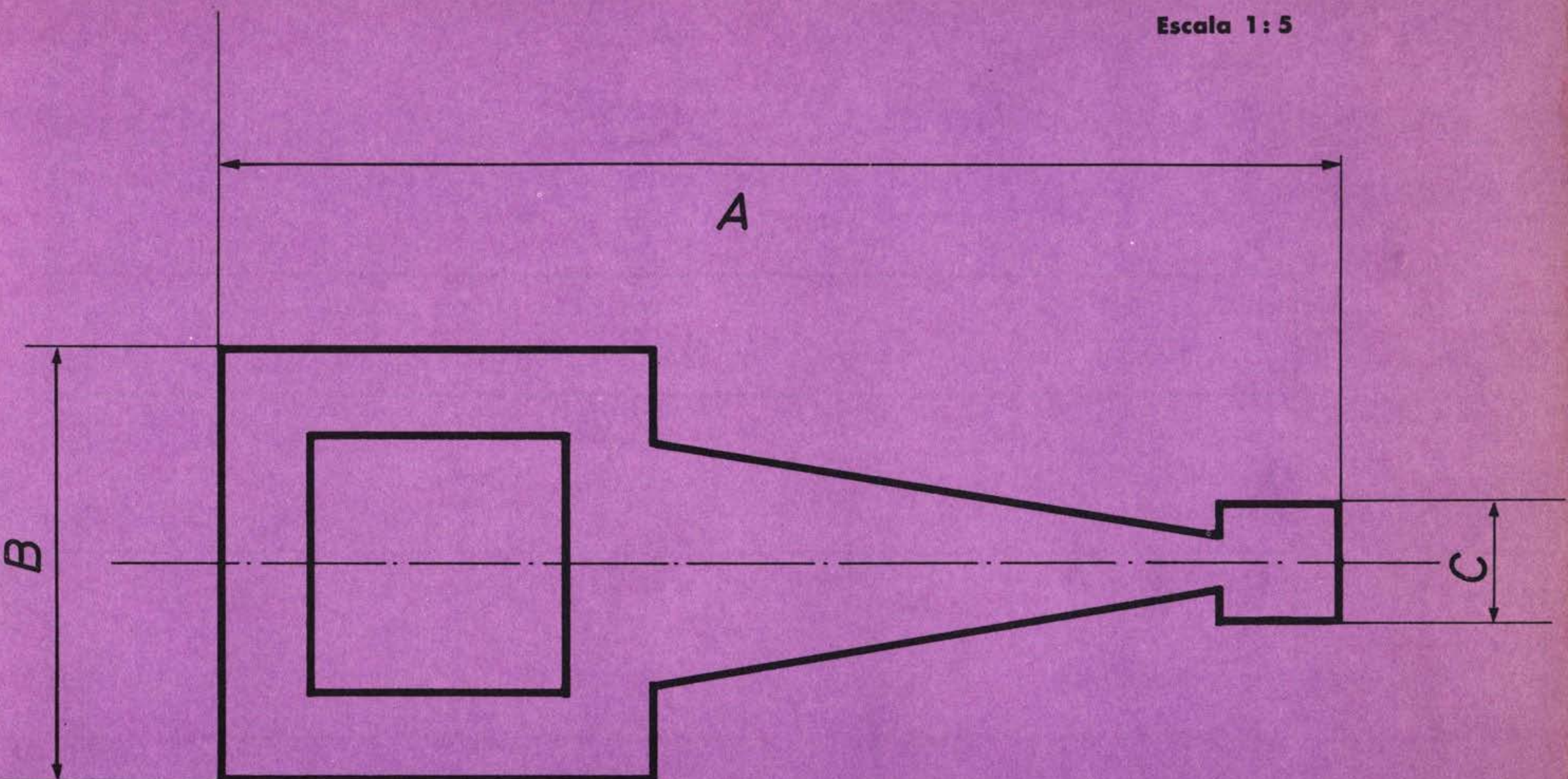
Escala 1 : 20



Estas son las tres vistas de la barra que en la página anterior hemos dibujado en perspectiva acotando sus tres dimensiones.

EJEMPLO PRACTICO N.° 5

Escala 1 : 5



cinco veces mayor que el plano. Por lo tanto, deberemos tomar las medidas del plano, multiplicarlas por el segundo número de la notación de escala y dividir por el primero.

Tome la regla graduada y proceda a efectuar las mediciones principales.

La medida mayor A puede comprobar que es de 18 cm. ¿Cuál será la medida real?

$$\frac{18 . 5}{1} = 90 \text{ cm (medida real).}$$

La medida B es de 7 cm en el plano, que en realidad debe convertirse al fabricar la pieza en:

$$\frac{7 . 5}{1} = 35 \text{ cm (medida real).}$$

Y por último, la medida C que en el plano es de 2 cm, se convertirá en:

$$\frac{2 . 5}{1} = 10 \text{ cm (medida real).}$$

Usted, seguro, se preguntará qué necesidad hay de multiplicar o dividir por el primer número de la indicación de escala, cuando éste es el 1 y no afecta para nada al resultado. Es verdad: no hay ninguna necesidad de ello; pero si lo hemos indicado así es porque, como veremos más adelante, existen escalas de ampliación para piezas muy pequeñas en las que el primer número no es el 1. Su propio sentido común le dirá que trabajando con escalas que parten del 1 resulta una tontería efectuar las operaciones con dicho número. Multiplicando (para pasar de la escala al tamaño real) o dividiendo (para pasar del tamaño real a la escala) por el segundo número de la notación, queda resuelto el problema.

ESCALAS NORMALES

¿Qué escala podemos elegir para la confeccion de un plano?... ¿Podemos tomar la escala que nos dé la gana?... ¡No! Ya está dicho. Entonces, ¿qué escalas son las que debemos tener por útiles?... Las escalas que determinan las normas DIN.

Estas escalas son:

a) *Para piezas de tamaño que pueda considerarse normal en relación a las medidas de una lámina:*

Escala 1 : 1. (Las medidas del plano son las mismas que las reales.)

b) *Para piezas grandes:*

Escala	1 : 2'5.	(Objeto real	2'5 veces mayor que el plano.)
»	1 : 5.	(Objeto real	5 veces mayor que el plano.)
»	1 : 10.	(Objeto real	10 veces mayor que el plano.)
»	1 : 20.	(Objeto real	20 veces mayor que el plano.)
»	1 : 50.	(Objeto real	50 veces mayor que el plano.)
»	1 : 100.	(Objeto real	100 veces mayor que el plano.)

Escala 1 : 200. (Objeto real 200 veces mayor que el plano.)
» 1 : 500. (Objeto real 500 veces mayor que el plano.)
» 1 : 1000. (Objeto real 1000 veces mayor que el plano.)

c) *Para piezas pequeñas:*

Escala 2 : 1. (Objeto real 2 veces más pequeño que el plano.)
» 5 : 1. (Objeto real 5 veces más pequeño que el plano.)
» 10 : 1. (Objeto real 10 veces más pequeño que el plano.)

Le aseguro que dibujar a escala es fácil. Sólo requiere un poco de práctica que al principio debe traducirse en un esfuerzo mental al tomar las medidas y situarlas luego en el plano. Un buen consejo es el que voy a darle:

Busque siempre la equivalencia del metro a la escala en que trabaje. Si trabajando a escala 1 : 10 sabe usted que un metro viene representado por 10 cm, le será fácil comprender que un centímetro del plano representa 10 cm reales y viceversa. Que un mm del plano es 1 cm real... etc.

Las escalas aceptadas por las normas DIN son de fácil *manejo*, puesto que, como vulgarmente se dice, son siempre números redondos.

Las escalas de ampliación son las menos usadas, puesto que sólo se aplican para dibujar elementos extremadamente pequeños (piezas de relojería, por ejemplo) que de dibujarlos a tamaño natural (si llegara a ser posible) tendrían que mirarse con lupa.

EJEMPLO PRACTICO N.° 6

— Cómo se elige la escala al empezar un plano.

La elección de la escala de un plano depende primordialmente de dos circunstancias: tamaño natural de lo que debe planificarse y tamaño de la lámina que podemos emplear. Es evidente que para un mismo tamaño de lámina una escala de reducción podrá ser, por ejemplo, la 1 : 5, mientras que para elementos de gran tamaño requeriremos, quizá, la escala 1 : 500. Por lo tanto, ¿qué es lo primero que debe hacer el delineante para saber qué escala es la más apropiada dados el tamaño del elemento real y el tamaño a que debe reducirse de acuerdo con las dimensiones de la lámina a emplear?

Se trata de encontrar la escala con la que podremos dibujar una pieza, edificio o máquina, por decir algo, para que el dibujo nos quede enteramente situado en la lámina.

Empezaremos por dibujar en un papel cualquiera y a mano alzada un croquis que nos dé una idea de lo que será el plano acabado. Supongamos que el plano que nos piden consiste en los cuatro alzados de la fábrica que ya conocemos desde el principio de este capítulo. Lo que deberemos conseguir a escala, será algo parecido a eso:



Estos alzados, claro, tienen unas medidas. Lo más prudente, pues, es anotarlas en este croquis a fin de tener una idea de las dimensiones totales en anchura y altura.

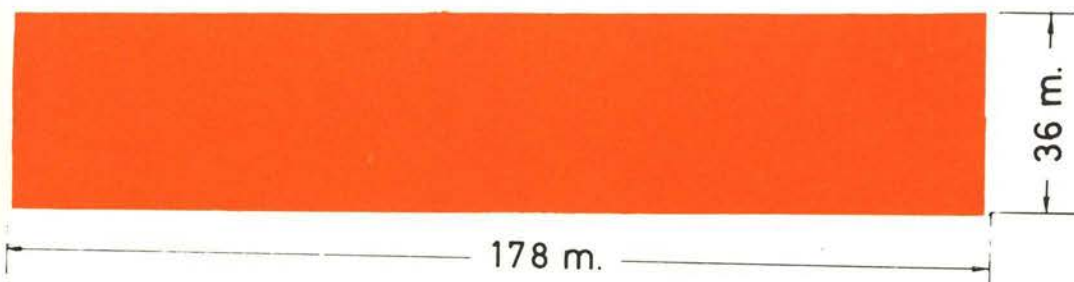
Nuestro problema consiste en situar todo eso *dentro* de un papel, de modo que, si dibujásemos a tamaño natural (escala 1 : 1), tendríamos un dibujo de las siguientes dimensiones:

$$40 + 49 + 40 + 49 = 178 \text{ m de longitud}$$

La altura máxima, vemos que es de 36 m.

Eso, naturalmente, sin contar con el espacio necesario para dar la debida separación entre los distintos alzados, cosa que debe tenerse en cuenta y pensar que la escala a elegir debe ser tal que nos permita dar estas separaciones. Eso quiere decir que deberemos calcular unas medidas en el plano que nos dejen un buen margen alrededor de la lámina.

En definitiva, tendremos un dibujo que en total tendrá estas medidas:



Supongamos que disponemos de un papel de 59 × 21 cm. Para saber cuánto hemos de reducir las medidas reales para que las podamos situar en esta lámina, ¿qué deberemos hacer?... Simplemente dividir los 178 m entre los 59 cm:

17800 cm : 59 = 301 *y pico*

Es decir: para que la longitud total quepa en la lámina, deberemos reducirla 301 veces. Pero es innegable que una escala 1 : 301 es totalmente absurda, y además antirreglamentaria.

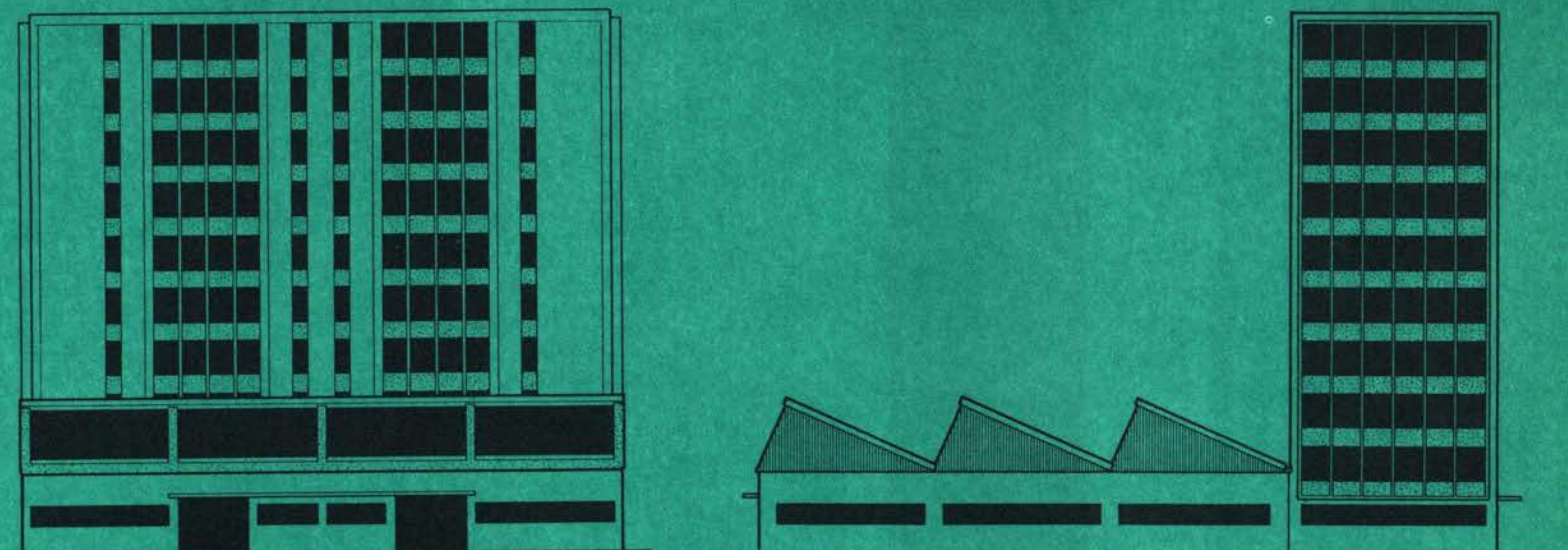
Lo que ahora debemos hacer es mirar la tabla de escalas normalizadas y tomar aquella que, sobrepasando la cantidad encontrada, más se le aproxime. Como la escala 1:200 no nos sirve porque reduce menos, será la siguiente, que es la escala 1:500.

Efectivamente. Eligiendo la escala 1 : 500 las medidas principales del modelo, una vez situadas en el plano, tendrán el siguiente valor:

Altura:	3600 : 500 = 7'2 cm
Anchuras de 40 m:	4000 : 500 = 8 cm
Anchuras de 49 m:	4900 : 500 = 9'8 cm

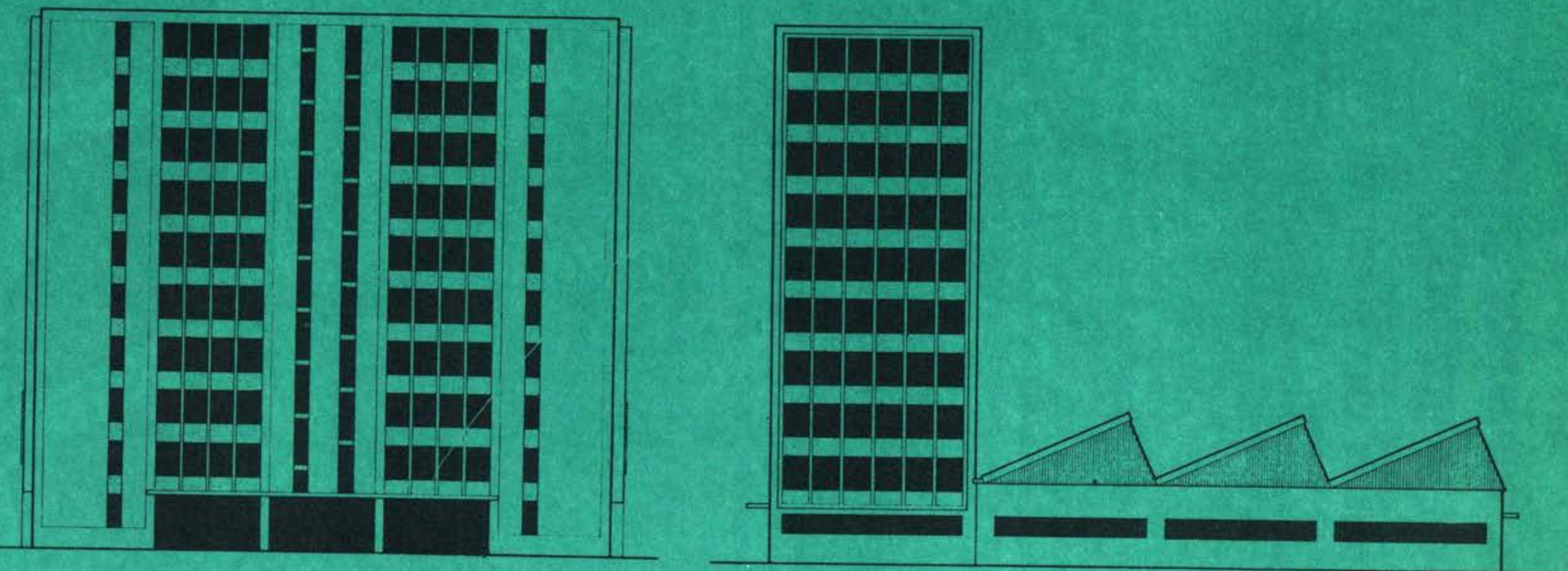
Observe que tenemos espacio suficiente, en una lámina de 59 × 21 cm, para dar las debidas separaciones entre los alzados, para establecer las rotulaciones necesarias, etc..., que es lo interesante.

EJEMPLO PRACTICO N.° 6



Para evitar que en estas páginas apareciese una lámina plegada, hemos situado dos alzados del ejemplo n.º 6 en esta página y dos en la página siguiente. En realidad, los cálculos efectuados para encontrar la escala a que debíamos dibujar los cuatro alzados de nuestra fábrica se

han realizado suponiendo que la lámina empleada son las dos páginas que tiene a la vista puestas una a continuación de otra. Es decir: situando estas dos páginas en prolongación tendríamos la lámina de 59 × 21 centímetros.



FISICA 3

LA SUPERFICIE
SUS UNIDADES

¿QUE ES UNA SUPERFICIE?

Entendemos por superficie a toda extensión que puede ser considerada según dos dimensiones: longitud y latitud.

En la primera lección definimos lo que era una superficie o plano geométrico y decíamos que era el resultado del desplazamiento de una línea recta, ¿recuerda? Y considerando que dicha línea era indefinida en sus dos sentidos, resultaba que el plano teórico era también infinito en sus dos dimensiones. Hoy no; hoy hablaremos de superficies definidas, de dimensiones limitadas y de forma característica, con la finalidad concreta de encontrar su área.

Decimos que hemos hallado el área de una superficie cuando podemos establecer el valor de su extensión.

Se comprende que partiendo de la definición de superficie dada en la primera lección, considerándola como el elemento engendrado por una línea en movimiento, según sea el tipo de recorrido adoptado por la línea que engendra la superficie, resultarán superficies de muy diversos tipos. Pero, para simplificar las cosas, supongamos que es una línea recta, primero, la que se pone en movimiento en el sentido de su longitud. Después serán una curva, una mixta, una quebrada y una ondulada las que se pongan en movimiento y así, sucesivamente, habremos obtenido una...

SUPERFICIE PLANA. — Es la engendrada por una línea recta que se desplaza siempre en una misma dirección. Es lo que llamamos comúnmente un plano.

SUPERFICIE CURVA. — Aquella que resulta engendrada por una superficie curva.

SUPERFICIE MIXTA. — La engendrada por una línea mixta; como es lógico, estará formada por una superficie plana y otra curva.

SUPERFICIE QUEBRADA. — Superficie engendrada por una línea quebrada. Este tipo de superficies está formada por varias superficies planas en distintas direcciones.

SUPERFICIE ONDULADA. — La engendrada por una línea de este tipo.

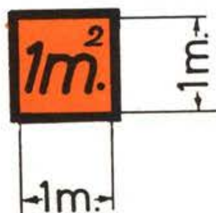
Vea a continuación la demostración gráfica de todo lo dicho.



Y sin más, veamos ya cómo podemos

MEDIR UNA SUPERFICIE

Medir una superficie es compararla con otra que tomamos por unidad. No hay inconveniente en aceptar esta definición, naturalmente; pero falta ver cuál es la unidad de superficie que admite nuestro sistema métrico. La unidad de superficie, si recuerda usted que la de longitud es el metro, comprenderá que no puede ser otra que el metro cuadrado.



Superficie unidad

Y ¿qué es un metro cuadrado? Su mismo nombre lo indica: es un cuadrado cuyo lado vale un metro lineal. Es muy lógico que la unidad de longitud nos haya servido para encontrar una unidad conveniente para la superficie, ¿no le parece? Más adelante veremos cómo en el sistema métrico, longitud, superficie, volumen y peso están íntimamente relacionadas.

Tenemos, pues, un cuadrado con un metro de lado. Siendo la superficie el producto de dos dimensiones, tendremos que dicho cuadrado valdrá el producto de sus dos dimensiones (longitud y anchura) y será:

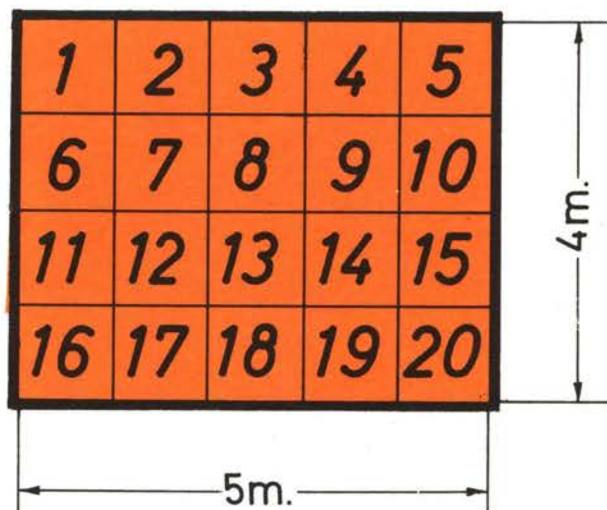
Area o valor de la superficie = 1 metro . 1 metro = 1 metro cuadrado.

En principio, para medir una superficie tendremos que averiguar cuántas veces *cabe* en ella un metro cuadrado. El número de cuadrados de un metro de lado que podamos situar en ella nos dará lo que llamamos el área de la superficie.

Si una habitación tiene cuatro metros de ancho por cinco de largo, ¿cuál será su área?

Por la figura adjunta puede ver que si vamos situando cuadrados uno al lado de otro nos caben cuatro en el sentido de la anchura y cinco en el sentido de su longitud. ¡Cuente el total! ¿No son veinte? Cierto; tenemos una habitación cuya área es:

$$A = 20\ m^2$$



La abreviatura de metro cuadrado es ésta:

$$\mathbf{m^2}$$

¿Ha observado la coincidencia?... El resultado obtenido contando uno a uno los cuadrados comprendidos en todo el suelo de la habitación es igual al producto de los valores lineales de los lados de la misma. Es un caso particular, desde luego; pero puede estar seguro de que haciendo lo mismo con cualquier superficie cuadrada o rectangular, el resultado sería el mismo. ¿Qué nos demuestra esta coincidencia? Pues lo que hemos dicho ya muchas veces: que una superficie es el producto de dos dimensiones.

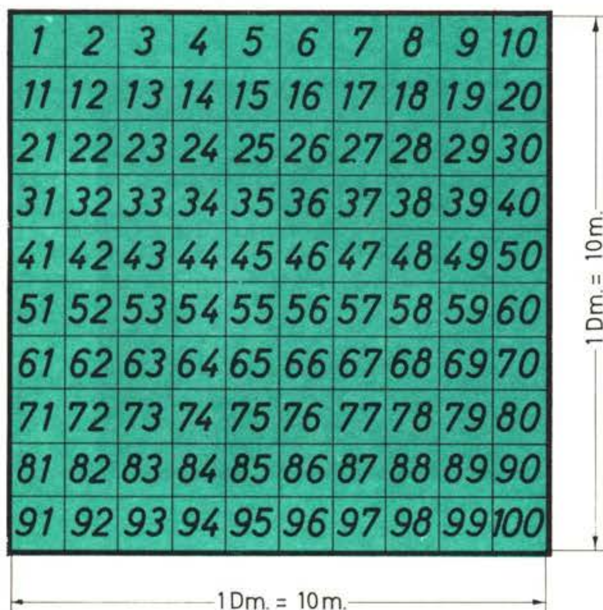
MULTIPLOS DEL m² – SUBMULTIPLOS

Tenemos ya una idea de lo que es el metro cuadrado y sabemos que una superficie puede ser medida comparándola con esta unidad. Pero, ¿sabe usted cuántos metros cuadrados tiene la superficie del continente africano?... Nada menos que 30.000.000.000.000 metros cuadrados. ¡30 BILLONES de metros cuadrados! Evidentemente que trabajar con metros cuadrados en extensiones de esta índole es para volverse loco. Se impone, por simple lógica, encontrar unos múltiplos del metro cuadradc de la misma manera que se impuso hacerlo con las medidas de longitud.

Antes de seguir adelante, tenga la bondad de repasar la página 83 de la segunda lección. En ella encontrará los múltiplos del metro lineal, que son el decámetro, el hectómetro, el kilómetro, y el miriámetro.

Según eso, ¿cuáles serán los múltiplos del metro cuadrado?... No pueden ser otros que el decámetro cuadrado (Dm^2), el hectómetro cuadrado (Hm^2), el kilómetro cuadrado (Km^2) y el miriámetro cuadrado (Mm^2).

Y ahora, mucha atención, que vamos a descubrir el valor en metros de cada uno de los múltiplos citados. Me refiero, naturalmente, a su valor en METROS CUADRADOS.



Empecemos por el decámetro. Y para ello supongamos un cuadrado similar al de la figura, cuyo lado es precisamente un decámetro lineal. Sabemos que un decámetro lineal equivale a 10 m, lo cual quiere decir que el lado de este cuadrado será igual a un decámetro e igual a 10 m.

En definitiva: la superficie de este cuadrado será,

$$1 \text{ Dm} \cdot 1 \text{ Dm} = 1 \text{ Dm}^2$$

Y sustituyendo el decámetro por su valor en metros, será,

$$10 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} = 100 \text{ m}^2$$

El decámetro cuadrado vale 100 metros cuadrados.

Si hacemos la misma operación con el cuadrado cuyo lado sea un hectómetro, obtendremos las igualdades siguientes:

$$\text{Area del cuadrado} = 1 \text{ Hm} \cdot 1 \text{ Hm} = 1 \text{ Hm}^2$$

Sustituyendo valores (el Hm vale 100 m) tendremos:

$$A = 100 \text{ m} \cdot 100 \text{ m} = 10.000 \text{ m}^2$$

No vale la pena seguir con los restantes múltiplos del metro, porque las operaciones son siempre las mismas. Por lo tanto, y sin más detalle, vamos a dar el valor de cada uno de los múltiplos del metro cuadrado.

$Dm^2 = 100\ m^2$ **$Km^2 = 1.000.000\ m^2$**

$Hm^2 = 10.000\ m^2$ **$Mm^2 = 100.000.000\ m^2$**

El miriámetro cuadrado es un múltiplo muy poco empleado. Las grandes medidas de superficie se dan generalmente en kilómetros cuadrados. La extensión del kilómetro cuadrado es suficiente para que la lectura de una superficie no represente cantidades excesivamente elevadas.

Observe usted que si en las medidas de longitud los múltiplos y submúltiplos aumentaban y disminuían de valor multiplicando o dividiendo por diez (Dm = 10 m, Hm = 10 Dm = 100 m, Km = 10 Hm = 100 Dm = 1.000 m y m = 10 dm = 100 cm = 1.000 mm) ahora, con las medidas de superficie, los múltiplos y submúltiplos aumentan o disminuyen de 100 en 100, de manera que se establecen las siguientes igualdades:

$$1\ Km^2 = 100\ Hm^2 = 10.000\ Dm^2 = 1.000.000\ m^2$$

$$1\ m^2 = 100\ dm^2 = 10.000\ cm^2 = 1.000.000\ mm^2$$

Dando los submúltiplos en metros, tendremos estas igualdades (en vez de multiplicar dividimos entre 100, 1.000, 10.000, 1.000.000):

El decímetro cuadrado (dm^2) = 0'01 m^2
El centímetro cuadrado (cm^2) = 0'0001 m^2
El milímetro cuadrado (mm^2) = 0'000001 m^2

Estas son las denominaciones normales de los múltiplos y submúltiplos del metro cuadrado. Sin embargo, en agrimensura (medición de terrenos) se emplean para el metro cuadrado, decámetro cuadrado y hectómetro cuadrado otras denominaciones que son las siguientes:

La centiárea, que es igual a un metro cuadrado
El área, que es igual a un decámetro cuadrado
La hectárea, que es igual a un hectómetro cuadrado

Por lo tanto, si en adelante un propietario, un industrial, un topógrafo... o quien sea, nos habla de un terreno de 188 hectáreas, por ejemplo, sabremos que se trata de un terreno de:

188 . 10.000 = 1.880.000 metros cuadrados.

(Recuerde usted que la hectárea equivale al hectómetro cuadrado y que éste a su vez tiene un valor de 10.000 m^2.)

PRACTICAS 4

EJERCICIO N.º 6

PRACTICAS SOBRE ESCALAS

En el capítulo de dibujo técnico de esta lección, hemos estudiado algo tan primordial como es el dibujo a escala, y dentro de este estudio hemos incluído unos ejemplos gráficos mediante los cuales se ha indicado el sistema de pasar de unas medidas reales a las correspondientes a escala. También se ha considerado el caso inverso (paso de la escala a las medidas reales) más frecuentemente en el taller que en la oficina técnica.

Los ejemplos del capítulo a que nos referimos han servido para hacerle comprender la mecánica que sigue el delineante cuando se le presentan problemas similares a los expuestos, pero, si además de considerar unos ejemplos de estudio no hay la voluntad por parte del estudiante de proponerse otros ejemplos que le fuercen a practicar el dibujo a escala, poco es lo adelantado.

Por lo tanto, este tema práctico debe destinarse a proponerle una serie de ejercicios que acaben de familiarizarle con este quehacer que sin temor a exageraciones es cotidiano para el delineante: saber dibujar a escala partiendo de unas medidas tomadas directamente del objeto real.

Ya hemos dicho que esta familiarización debe conseguirla el mismo estudiante a fuerza de voluntad. La forma de proceder ya la sabe por lo que ha estudiado y por lo mismo, no hace falta que se le proponga un determinado ejercicio, sino sólo orientarle en cuanto a lo más conveniente para adquirir la práctica necesaria.

Lo que se le propone es lo siguiente:

Que para empezar dibuje la VISTA FRONTAL DE UNA VENTANA. Tome las medidas de una de las ventanas de su casa, lo más detalladamente que pueda y anótelas en el croquis previo que haya trazado sobre un papel cualquiera. Partiendo de las medidas anotadas, dibuje la vista de la ventana primero a escala 1:10, luego a escala 1:20 y luego a escala 1:50.

Haga lo mismo con UNA MESA de formas rectangulares; que sea una mesa de factura sencilla, sin curvas ni moldurajes complicados y empiece por dibujarla a escala 1:5, hasta llegar a la escala 1:20.

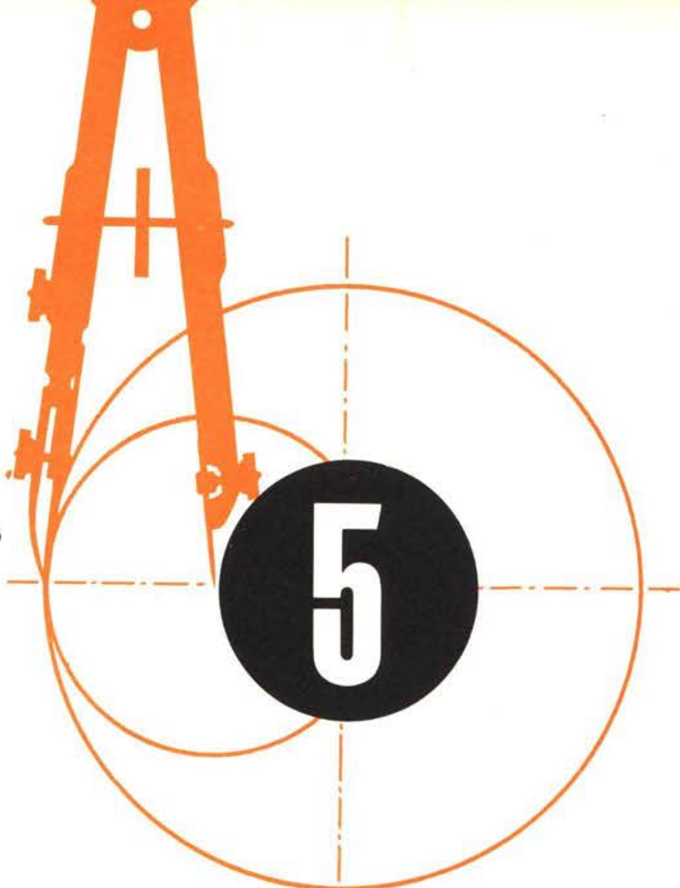
Otro ejercicio: dibujar la vista frontal de un APARATO DE RADIO a escala 1:2'5. Este ejercicio le forzará a dibujar detalles a escala, cosa importantísima con vistas al dibujo de piezas mecánicas en las que frecuentemente aparecen nervios, hendiduras y taladros (roscados o no) que requieren una representación a escala perfectamente ajustada.

Son muchos los ejercicios que puede proponerse usted mismo sin apartarse de los elementos que encontrará en su misma casa. Dibujar UNA SILLA, por ejemplo, es un trabajo interesantísimo con una serie de dificultades derivadas de los detalles de forma que acostumbra a presentar tan utilitario mueble.

UN RELOJ DE PULSERA dibujado a escala 5:1, también tiene su interés para acostumbrarse a las escalas de ampliación.

En fin; sin que deba sujetarse a unos ejercicios concretos, es necesario que trabaje por su cuenta hasta conseguir que ante la lectura de una medida real, sepa sin ningún titubeo cuál será la medida que le corresponda en el plano.

Proyectar es fácil





AFHA

DIBUJO TECNICO

Lección 4
GEOMETRIA
Triángulos
Clasificación y elementos
Teorema de Pitágoras

Lección 4
DIBUJO GEOMETRICO
Resolución gráfica de triángulos

Lección 5
DIBUJO TECNICO
Cotas

Lección 4
FISICA
Volumen, peso y peso especifíco

geometría 4

TRIANGULOS

Vamos a dedicar este capítulo a los triángulos. La importancia de su estudio es tal que le recomendamos les preste la mayor atención, ya que su valer como delineante descansará en gran parte en sus conocimientos sobre tan esencial elemento geométrico.

El triángulo, con ser el más elemental de los polígonos, es la figura que resuelve el mayor número de problemas gráficos y analíticos. No voy a hacer estadística, pero le aseguro que sin el estudio de los triángulos no hay manera de progresar en ninguna especialidad técnica. Aun aquellas técnicas que menos parecen relacionarse con cuestiones geométricas necesitan en no pocas ocasiones apoyarse en la ciencia que estudia los triángulos.

El estudio de los triángulos puede enfocarse de distintas maneras, siendo la más inmediata la que trata de estos polígonos desde un punto de vista netamente descriptivo, refiriendo su estudio a lo que atañe a su forma, elementos gráficos y abertura de sus ángulos.

Una vez estudiados con miras exclusivamente formales, los triángulos pueden medirse, con lo cual entramos en el terreno analítico, o sea, aquel que nos lleva a determinar las dimensiones totales de un triángulo previo el conocimiento de la longitud de algunos de sus lados y ángulos.

Gracias al conocimiento de una serie de relaciones aritméticas existentes entre los distintos elementos de un triángulo llegamos a descubrir las fórmulas de cálculo que a partir de unos datos permiten valorar un dato que figuraba como incógnita.

El último eslabón de esta cadena de estudios relacionados con los triángulos debemos considerar que es la trigonometría, ciencia de la que daremos las bases que son imprescindibles al delineante con pretensiones de alcanzar la categoría de proyectista. Es por esta faceta de su estudio que la ciencia que trata de los triángulos se relaciona con todas las ramas de la técnica.

La mecánica, la geografía (sobre todo en la que a mediciones se refiere) y todo lo que pueda referirse a formas, fuerzas y movimientos (construcción, aeronáutica, aerodinámica, astronomías, topografía, etc.), necesitan del estudio de los triángulos como piedra clave de su desarrollo.

Si ciencias que parecen muy poco conexas con las cuestiones geométricas están en relación con el estudio de los triángulos, ¡imagine la importancia que tal estudio debe tener para un técnico que constantemente está trabajando y estudiando con la forma de las cosas, con su equilibrio y con su movimiento!

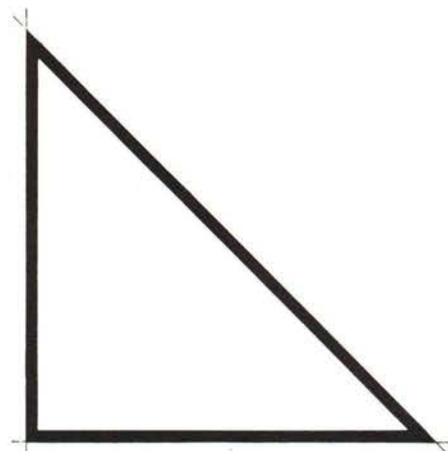
TRIANGULOS, CLASIFICACION

PROPIEDAD FUNDAMENTAL

ELEMENTOS PRINCIPALES

EL TRIANGULO RECTANGULO

EL TEOREMA DE PITAGORAS



CLASIFICACION DE LOS TRIANGULOS ATENDIENDO A SUS ANGULOS

Sabemos lo que es un triángulo: polígono de tres lados. Conocemos, además, uno de sus tipos principales: los triángulos rectángulos.

Hoy acabaremos el estudio de los triángulos, empezando por dar sus principales clasificaciones, atendiendo primero a los ángulos y después a los lados.

Según la naturaleza de sus ángulos o de uno de ellos, los triángulos se dividen en:

TRIÁNGULOS ACUTÁNGULOS. Cuando todos sus lados son agudos.

TRIÁNGULOS RECTÁNGULOS. Ya los conocemos. Son rectángulos aquellos que tienen un ángulo recto.

TRIÁNGULOS OBTUSÁNGULOS. Los que tienen un ángulo obtuso.

Vea a continuación un ejemplo de cada uno:



Acutángulo



Rectángulo



Obtusángulo

CLASIFICACION DE LOS TRIANGULOS ATENDIENDO A SUS LADOS

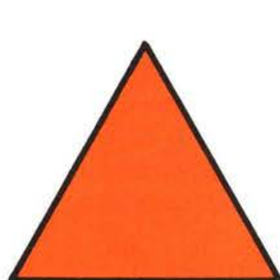
Al tener un triángulo tres lados, pueden presentarse sólo tres casos relativos a su igualdad o desigualdad.

Puede darse el caso de que un triángulo tenga sus tres lados iguales. Entonces decimos que el triángulo en cuestión es EQUILÁTERO. Triángulo equilátero es aquel que tiene sus tres lados iguales.

Puede ser que sólo dos sean iguales de los tres lados de un triángulo, en cuyo caso hablaremos de un triángulo ISÓSCELES. Decimos que un triángulo es isósceles, cuando tiene dos de sus lados iguales.

Y por último podemos encontrarnos ante un triángulo que no tiene ninguno de sus lados igual a otro: todos son diferentes. Estamos ante un triángulo ESCALENO.

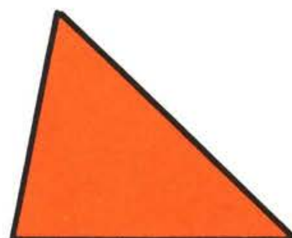
Como en el caso anterior, vea un ejemplo de cada uno:



Equilátero



Isósceles



Escaleno

PROPIEDAD FUNDAMENTAL DE LOS TRIANGULOS

Abra el cajón donde guarda su memoria y encierre en él, de forma que no se escape nunca, la afirmación siguiente:

LA SUMA DE LOS TRES ÁNGULOS DE UN TRIÁNGULO ES IGUAL A DOS RECTOS.

Sea cual fuere el triángulo a estudiar, sabemos de antemano que la suma de sus tres ángulos será igual a 180°. Este postulado es la base de muchas demostraciones matemáticas. Recuerde usted que en la lección anterior nos valíamos de esta verdad para encontrar el valor de uno de los ángulos de un triángulo rectángulo cuando conocíamos uno de los ángulos no rectos. Decíamos que si $A + B + C$ era igual a 180°, siendo A igual a 90°, debía ser $B + C$ también igual a 90°. De lo cual deducíamos que $C = 90° - B$.

Esta igualdad que se cumplía en un triángulo rectángulo se cumple en la totalidad de triángulos habidos y por haber; de forma que si en un triángulo los ángulos A y B valen respectivamente 38° y 112°, el ángulo C valdrá inexorablemente 30°, puesto que...

$$A + B + C = 180°$$

Conocemos A y B y sustituímos sus valores en la igualdad:

$$38° + 112° + C = 180°$$

De donde se deduce que:

$$C = 180° - (38° + 112°) = 180° - 150° = 30°$$

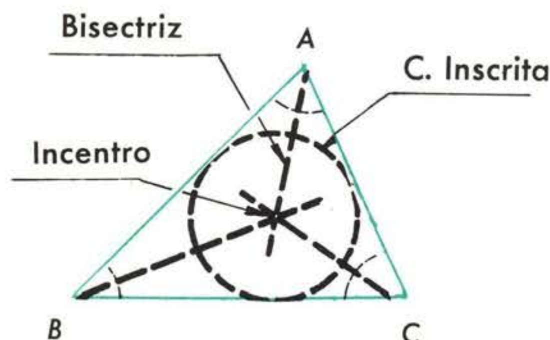
ELEMENTOS PRINCIPALES DE TODO TRIANGULO

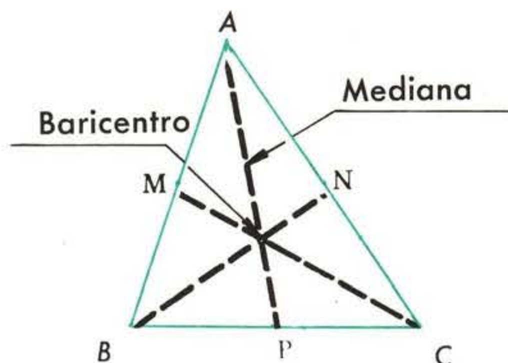
LADOS. — Son las tres rectas que forman el polígono y se representan por las letras minúsculas *a*, *b*, *c*. No olvide el detalle: letras minúsculas y las tres primeras del alfabeto.

ÁNGULOS. — Son los tres que forman los lados, representándose por las letras mayúsculas A, B y C, pero de tal forma que el ángulo A es el opuesto al lado *a;* el B el opuesto al lado *b* y el C el opuesto al lado *c*. Con esta fórmula de entendimiento sabremos la situación de los dos primeros elementos de un triángulo aun sin necesidad de dibujarlo. Es una regla, dictada por la práctica, que conviene tener siempre presente.

BISECTRICES. — Son las bisectrices de cada uno de los ángulos. Por lo tanto, serán tres las bisectrices de un triángulo: una por ángulo.

Lo más importante es saber que TODAS LAS BISECTRICES SE CORTAN EN UN MISMO PUNTO LLAMADO INCENTRO. Este punto es el centro de la circunferencia inscrita en el triángulo, entendiendo por circunferencia inscrita en un polígono, aquella que trazada por el interior del mismo es tangente a todos sus lados.





MEDIANAS. — Se llaman medianas de un triángulo a las rectas que unen los vértices con el punto medio de los lados opuestos a ellos. Así, la mediana perteneciente al lado *c* de un triángulo será la recta que partiendo del vértice C, lo une con el punto medio de *c*. En la figura son medianas las rectas A P, B N y C M.

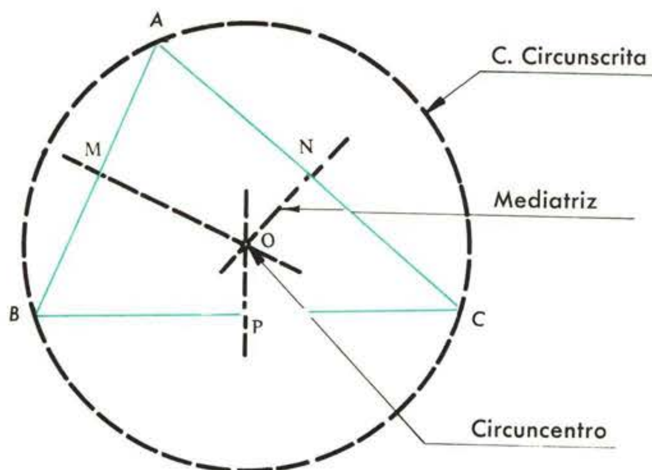
Todo triángulo, naturalmente, tendrá tendrá tres medianas; y estas medianas SE CORTAN EN UN MISMO PUNTO AL QUE LLAMAMOS BARICENTRO. El baricentro es importante porque es el centro de gravedad del triángulo, cosa que debe recordar, ya que más adelante veremos cómo para calcular *esfuerzos* nos valdremos de triángulos y de sus respectivos baricentros.

MEDIATRICES. — Mediatriz de un segmento cualquiera es la perpendicular trazada a su punto medio. O sea, que cuando en la lección cuarta le pedíamos trazar la perpendicular en el punto medio de un segmento dado, no hacíamos otra cosa que pedirle la MEDIATRIZ de dicho segmento.

¿Cuántas mediatrices tendrá un triángulo?... Naturalmente, tres: una por lado. La recta P O de la figura es la mediatriz del lado B C, ya que es la perpendicular trazada al punto medio de este lado. Y lo mismo ocurre con los otros dos lados, cuyas mediatrices son O N y O M.

Las tres mediatrices también se cortan en un solo punto, punto al que llamamos CIRCUNCENTRO. Este punto es precisamente el centro de la circunferencia *circunscrita* al triángulo.

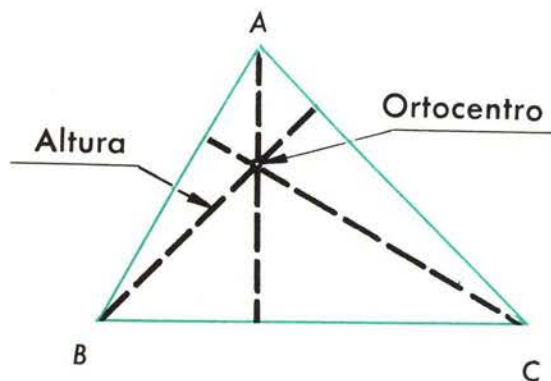
¿Qué es una circunferencia circunscrita a un polígono?... Es aquella circunferencia trazada por el exterior del mismo y que pasa precisamente por los vértices del polígono. Así, la circunferencia circunscrita de un triángulo deberá pasar exactamente por sus tres vértices.



ALTURAS. — Llamamos altura de un triángulo a la perpendicular trazada desde uno cualquiera de sus vértices al lado opuesto al mismo.

En todo triángulo podremos calcular tres alturas... incluso en los triángulos obtusángulos, en cuyo caso las alturas que parten de los ángulos agudos se limitan en la prolongación de los lados opuestos.

DIGAMOS QUE LAS TRES ALTURAS DE UN TRIÁNGULO SE CORTAN EN UN PUNTO LLAMADO ORTOCENTRO.





Llamamos
triángulo rectángulo
al polígono
de tres lados
dos de los cuales
forman un
ángulo recto

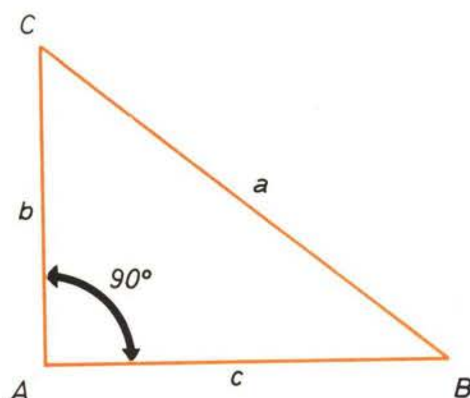
EL TRIANGULO RECTANGULO

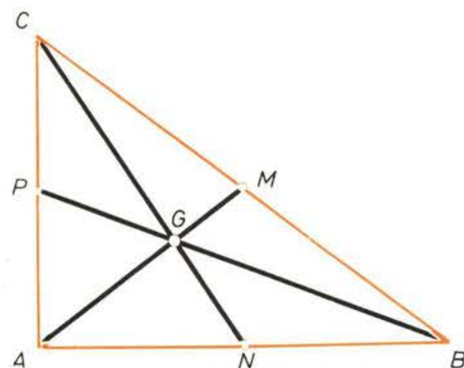
Hemos definido el triángulo como un polígono de tres lados y, en consecuencia, de tres ángulos. De ahí su nombre: tri-ángulo.

Como se acaba de decir, dentro de la familia de los triángulos tienen una importancia especial los llamados triángulos rectángulos.

Un triángulo rectángulo es un triángulo en el que se cumple que uno de sus ángulos vale 90°. Es UN TRIÁNGULO QUE TIENE UN ÁNGULO RECTO.

Los triángulos rectángulos ofrecen unas características especiales que hacen aconsejable su estudio separadamente del de las otras variedades de triángulos.





ELEMENTOS Y LINEAS IMPORTANTES

a) VÉRTICES. — Los tres vértices de todo triángulo rectángulo se indican por las letras mayúsculas A, B y C. La letra A indica siempre el vértice correspondiente al ángulo recto.

b) LADOS. — Los tres lados se indican con las letras minúsculas *a*, *b* y *c*, de modo que el lado *a* sea el opuesto al vértice A, el lado *b* el opuesto al ángulo B y el lado *c* el opuesto al ángulo C. Estos tres lados reciben nombres especiales en todo triángulo rectángulo: el lado *a*, o sea el opuesto al ángulo recto, se llama HIPOTENUSA, siendo siempre el lado mayor. Los otros dos lados, *b* y *c*, se llaman CATETOS.

En el triángulo rectángulo, como en todo triángulo, existen varias líneas de especial importancia, a saber:

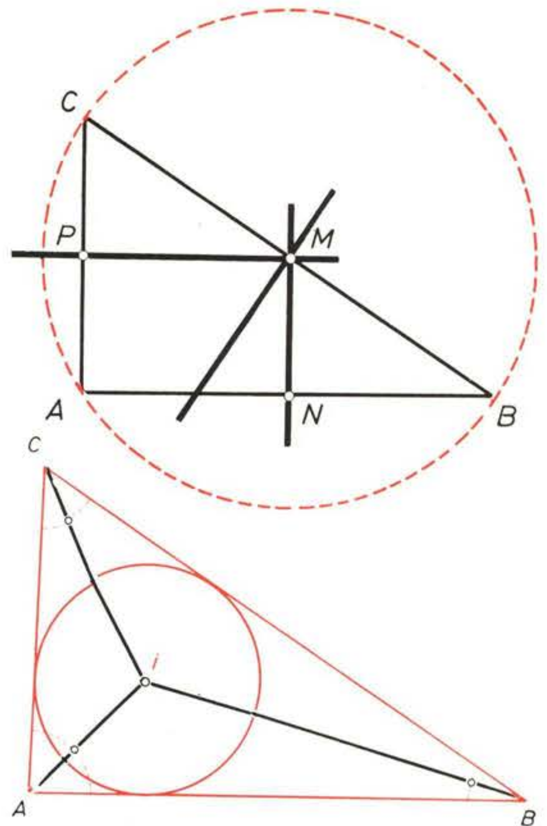
c) LAS TRES MEDIANAS. — Son las rectas que unen cada vértice con el punto medio del lado opuesto. Son las rectas AM, BP y CN de la figura 2. Estas tres rectas se cortan en un punto, llamado BARICENTRO, que es el centro de gravedad del triángulo. Es decir, que suspendiendo el triángulo por dicho punto G, queda en equilibrio.

d) Las tres mediatrices. — Son las perpendiculares trazadas a cada lado por su punto medio. Las tres se cortan también en un solo punto llamado circuncentro, que es el centro de la circunferencia que pasa por los tres vértices A, B y C.

En todo triángulo rectángulo se cumple que el circuncentro coincide con el punto medio de la hipotenusa. Esta propiedad nos proporciona un sistema muy práctico de trazar un triángulo rectángulo cualquiera.

Se traza una circunferencia y en ella un diámetro. Este diámetro será la hipotenusa de nuestro triángulo rectángulo. Basta señalar un punto cualquiera de la circunferencia y unirlo con los extremos del diámetro para tener un triángulo rectángulo.

e) Las tres bisectrices. — Quedó claro qué era una bisectriz, ¿no? Pues bien: las tres bisectrices de los tres ángulos se cortan en un punto llamado incentro, que es el centro de la circunferencia inscrita al triángulo, esto es, la circunferencia que, siendo interior al mismo, es tangente a sus tres lados.



EL TEOREMA DE PITAGORAS

La palabra teorema es una adaptación de la palabra griega *theorein*, cuyo significado es *examinar*. Llamamos teorema a una verdad matemática que puede ser demostrada (y debe serlo para poderse llamar teorema) por un razonamiento también matemático.

El que vamos a enunciar inmediatamente se llama de Pitágoras, por haber sido enunciado y demostrado por este gran matemático de la antigua Grecia.

Pitágoras nació en la isla de Samos entre los años 580 y 500 a. de J. C.; y la misma imprecisión que encontramos en la fecha de su nacimiento la encontramos en los detalles de su vida. Poca cosa se conoce de ella, pero es indudable que gracias a su inteligencia y a la escuela que fundó (la escuela de los pitagóricos) debemos muchos descubrimientos matemáticos, geométricos y astronómicos.

Uno de estos descubrimientos es el teorema que universalmente se conoce como teorema de Pitágoras. Es el más conocido de toda la geometría analítica y dice así:

En todo triángulo rectángulo, el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos.

¿Qué quiere decir esto?

Tomemos un triángulo rectángulo cualquiera, tal como el A B C de la figura. La hipotenusa *a* vale 50 mm, el cateto *b* mide 30 mm y el cateto *c* 40 mm. El teorema de Pitágoras dice, precisamente, que debe verificarse siempre que:

$$\mathbf{a^2 = b^2 + c^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \mathbf{(I)}$$

Si esto lo aplicamos a la figura, tendremos:

$$50^2 = 40^2 + 30^2$$

O, lo que es lo mismo:

$$2.500 = 1.600 + 900$$

lo cual, evidentemente, es cierto.

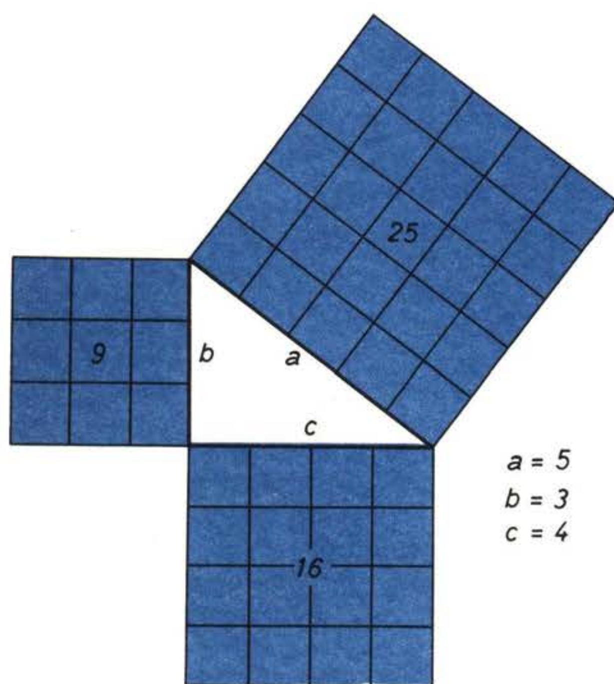
De este sencillo teorema se deduce que:

$$\mathbf{c^2 = a^2 - b^2} \quad \text{.................} \quad (II)$$

y también:

$$\mathbf{b^2 = a^2 - c^2} \quad \text{.................} \quad (III)$$

Estas tres fórmulas (I, II y III) nos dan la solución para hallar el tercer lado de un triángulo rectángulo, cuando sólo se conocen dos de ellos. Cuando hablemos de la resolución analítica de los triángulos rectángulos, verá la gran utilidad de estas fórmulas.

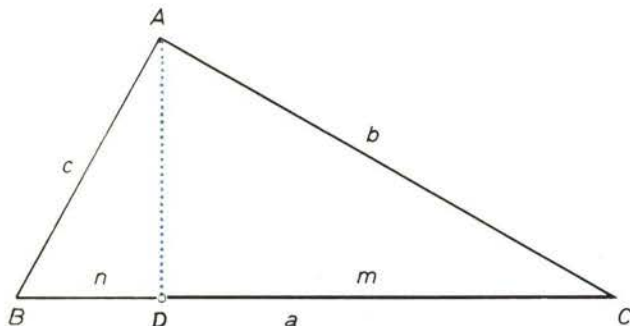


Sin embargo, haga una cosa: construya sobre un triángulo rectángulo cualquiera un cuadrado sobre la hipotenusa cuyo lado sea igual a ella. Haga lo mismo sobre cada uno de los catetos (en este caso el lado del cuadrado será igual al cateto sobre el que se construye) y calcule después el área de cada uno de estos cuadrados. Verá cómo se cumple que:

EL CUADRADO CONSTRUÍDO SOBRE LA HIPOTENUSA TIENE UN ÁREA IGUAL A LA SUMA DE LAS ÁREAS DE LOS CUADRADOS CONSTRUÍDOS SOBRE LOS CATETOS.

Y como que el área de cada cuadrado construído sobre un cateto será igual al cuadrado del mismo (b^2 y c^2), será forzosamente $\mathbf{a^2} = b^2 + c^2$.

PROYECCION DE LOS CATETOS SOBRE LA HIPOTENUSA



Sea el triángulo rectángulo A B C de la figura, rectángulo en A, con sus catetos *b* y *c* y su hipotenusa *a*.

Si proyectamos verticalmente el punto A sobre la hipotenusa *a* obtendremos el punto D, que divide al lado B C en dos partes, la *m* y la *n*. El segmento *n* es la proyección del cateto *c* sobre la hipotenusa *a* y el segmento *m* es la proyección del cateto *b* sobre la hipotenusa *a*. Y se verifica siempre que: $\mathbf{c^2 = n \cdot a}$

y también: $\mathbf{b^2 = m \cdot a}$

lo que, dicho en palabras, nos dice que:

TODO CATETO ES LA MEDIA PROPORCIONAL ENTRE LA HIPOTENUSA Y SU PROYECCIÓN SOBRE ELLA, entendiendo por media proporcional de dos números, a otro número cuyo cuadrado es igual al producto de ambos.

dibujo geométrico 4

RESOLUCION GRAFICA DE TRIANGULOS

RESOLUCION GRAFICA DE TRIANGULOS RECTANGULOS

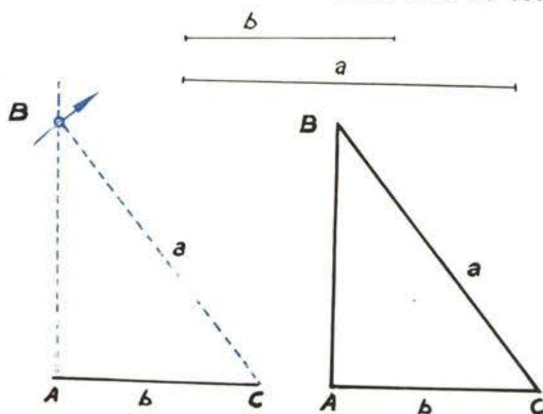
Por norma general el delineante, siempre que tiene posibilidad para ello, soluciona los problemas que puedan representarse en forma gráfica. En el caso sencillo de tener que sumar dos o más ángulos le resulta más fácil efectuar la suma gráfica que la suma numérica. Sin embargo, en muchísimas ocasiones no hay más remedio que abandonar el dibujo para dedicarse a calcular numéricamente el valor de los datos geométricos o físicos que precisamos para llevar a buen fin el proyecto de una máquina o de una estructura arquitectónica.

Bien: ¿qué es resolver un triángulo rectángulo por un sistema gráfico? Todo triángulo consta de seis elementos: tres ángulos y tres lados. Si de estos elementos sólo conocemos dos (dos lados o un lado y un ángulo), diremos que se ha resuelto el triángulo cuando hayamos encontrado los datos que nos faltan. Decimos que conocemos dos elementos; pero como tratamos de triángulos rectángulos, en realidad conocemos otro: *el ángulo recto que siempre permanece fijo*. De otra forma ya no sería un triángulo rectángulo, claro.

Cinco son los casos que pueden presentarse en la resolución de un triángulo rectángulo, según sean los datos que se nos faciliten:

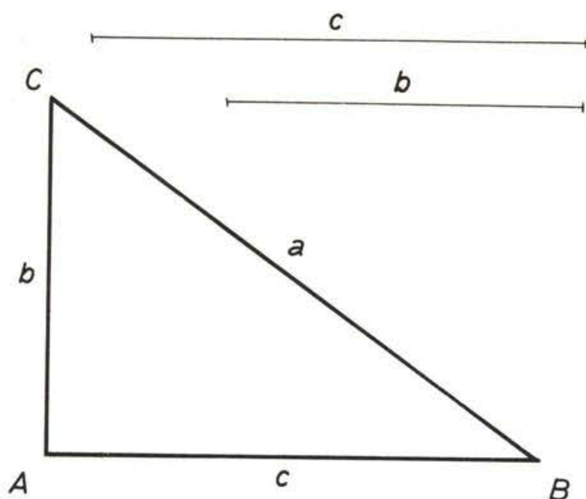
a) Conocemos la hipotenusa y un cateto.
b) Conocemos los dos catetos.
c) Conocemos la hipotenusa y uno de los ángulos agudos.
d) Conocemos un cateto y el ángulo opuesto a él.
e) Conocemos un cateto y el ángulo agudo del que es lado.

Veamos cómo debemos proceder para *montar* todo el triángulo en cada uno de estos casos.



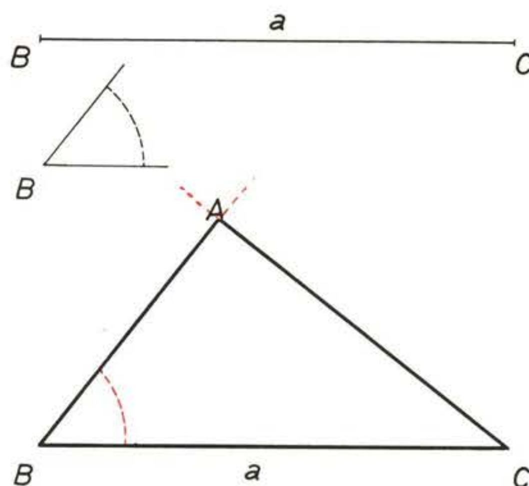
Caso a) Conocidos *a* y *b*.

Se traza el cateto *b*. Por su extremo A se traza una perpendicular y, con centro en C y radio *a*, se traza un arco de círculo que cortará a la perpendicular trazada en un punto B. Uniendo A con B y B con C, tendremos el triángulo pedido, puesto que tiene su cateto $AC = b$, y su hipotenusa $BC = a$, por así haberlo trazado.



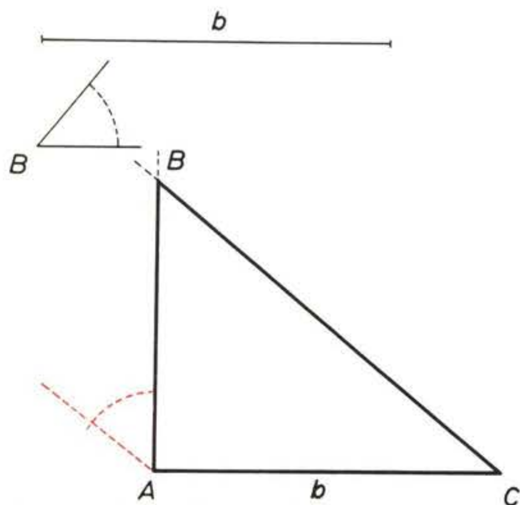
Caso b) Conocidos *b* y *c*.

Se traza el cateto *c* y, perpendicular a él y por su extremo A, se traza el otro cateto *b*. Uniendo los dos extremos C y B, el triángulo queda dibujado. Este triángulo, efectivamente, tiene los catetos *b* y *c* que nos han dado, por así haberlo dibujado.



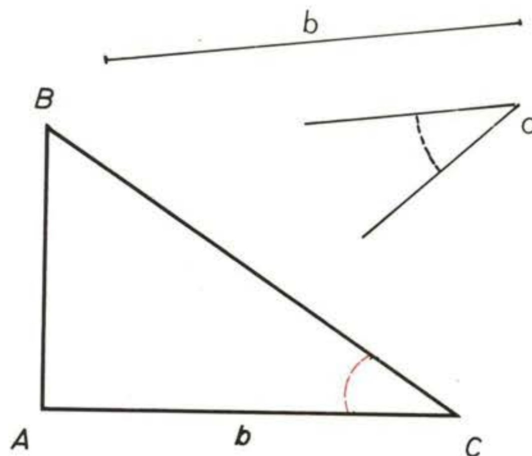
Caso c) Conocidos *a* y B.

Se traza la hipotenusa *a* y, por su extremo B, se traza una recta que forme un ángulo B con dicha hipotenusa. Por el otro extremo C de la hipotenusa se traza una perpendicular a la recta trazada, que la cortará en un punto A. Este punto será el tercer vértice del triángulo.



Caso d) Conocidos *b* y *B*.

Se traza el cateto *b*. Por su extremo A se traza una perpendicular y una recta *r* que forme con dicha perpendicular un ángulo igual al B. Por C se traza una paralela a *r* hasta que corte a la perpendicular trazada por A. Se cortarán en un punto B, que será el tercer vértice del triángulo.



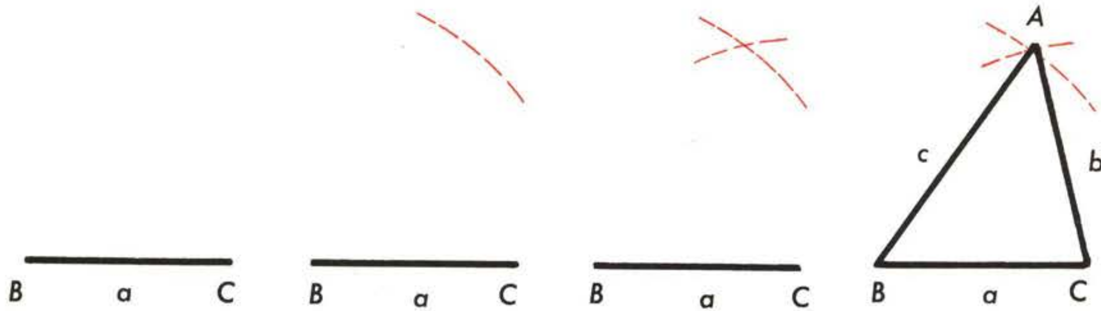
Caso e) Conocidos *b* y C.

Se traza *b* y, por su extremo A, una perpendicular. Por su otro extremo C se traza una recta que forme un ángulo igual a C, y que cortará a la perpendicular en B, con lo cual ya tendremos los tres vértices del triángulo.

RESOLUCION GRAFICA DE TRIANGULOS OBLICUANGULOS

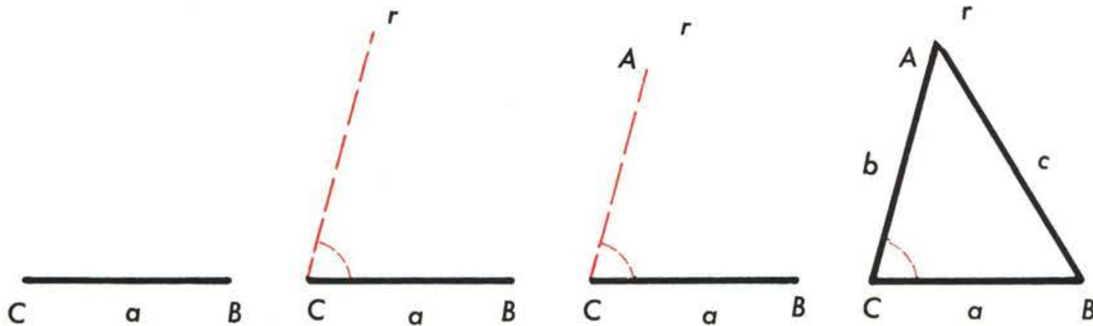
No le extrañe la denominación *oblicuángulos*. Se llama triángulo oblicuángulo al conjunto de los acutángulos y obtusángulos. Es decir: es oblicuángulo todo triángulo que no es rectángulo.

En la resolución de los mismos pueden presentarse cinco casos:



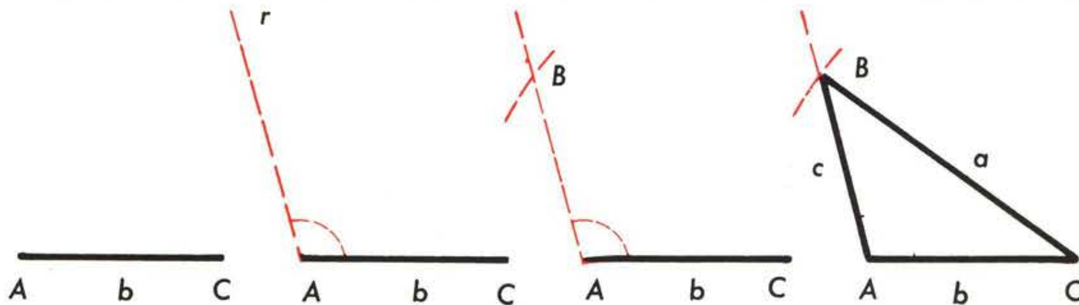
Caso a) Conocidos los tres lados *a, b, c*.

Se traza el lado *a*, cuyos extremos serán los vértices B y C. Con centro en B y radio igual al lado *c*, se traza un arco de círculo. Con centro en C y radio igual a *b* se traza otro arco de círculo, que cortará al anterior en un punto A. Este punto A es el tercer vértice del triángulo. Luego, bastará unir A con B y A con C, para obtener el triángulo.



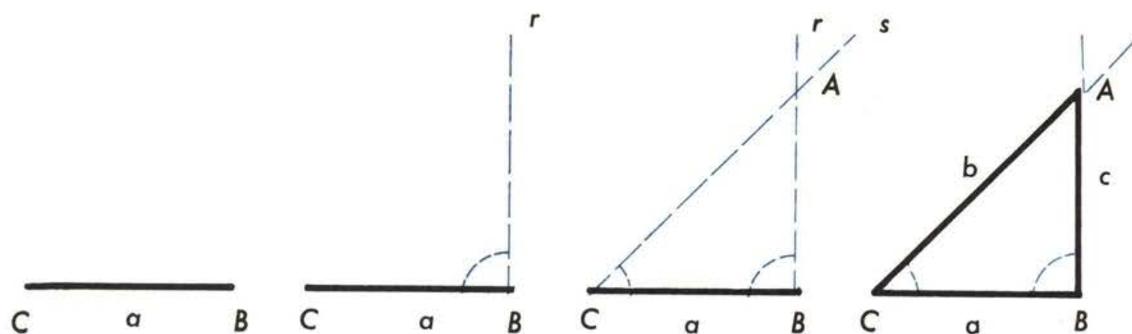
Caso b) Conocidos dos lados *a* y *b* y el ángulo comprendido C.

Se traza el lado *a*, cuyos extremos serán B y C. Se traza el ángulo conocido C, con lo cual se tiene la recta *r*. Sobre ésta se toma la distancia $CA = b$. Se obtiene así el punto A, que es el tercer vértice del triángulo. Uniéndolo con B y C, tendremos el triángulo buscado.



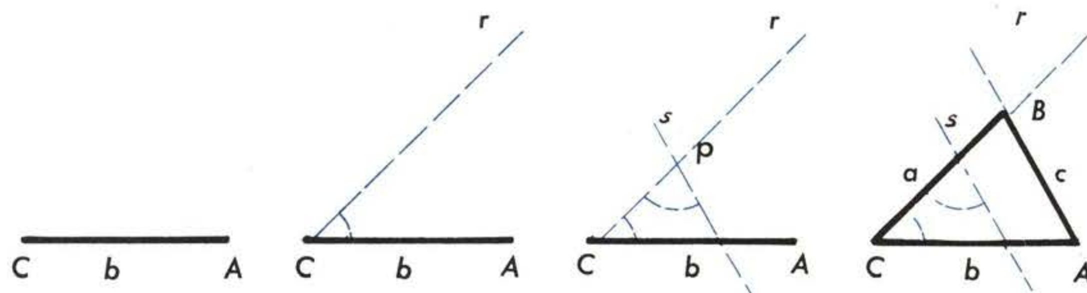
Caso c) Conocidos dos lados *a* y *b* y un ángulo que no sea el comprendido, por ejemplo el A.

Se traza el lado cuyo ángulo opuesto es desconocido, en nuestro caso el *b*. Sus dos extremos serán A y C. Por A se traza una recta *r* que forme con *b* el ángulo conocido A. Con centro en C y radio igual a *a*, se traza un arco de círculo que cortará a *r* en un punto B. Este punto es el tercer vértice. Unido B con A y con C, tendremos el triángulo resuelto.



Caso d) Conocidos dos ángulos B y C y el lado comprendido entre ellos *a*.

Se traza el lado conocido *a*, cuyos extremos son B y C. Por B se traza una recta *r* que forme con *a* el ángulo B. Por C se traza una recta *s* que forme un ángulo igual a C con la recta *a*. Las rectas *r* y *s* se cortan en un punto A, que es el tercer vértice. Uniendo A con B y con C, obtendremos el triángulo buscado.



Caso e) Conocido un lado *b* y dos ángulos, uno de los cuales es el opuesto a *b*, tales como B y C.

Se traza el lado conocido *b*, cuyos extremos son A y C. Por C se traza una recta *r* que forme con *b* un ángulo igual al C conocido. Por un punto cualquiera de *r*, tal como el p, se traza una recta *s* que forme con *r* un ángulo igual al conocido B. Por A se traza una paralela a *s*, que cortará a *r* en un punto B. Este punto es el tercer vértice, que unido con A y con C completará el triángulo buscado.

dibujo técnico



COTAS - CASOS ESPECIALES - COLOCACION Y DISTRIBUCION DE LAS LINEAS DE COTA - ACOTACION DE SUPERFICIES CURVAS Y ESFERICAS, PIEZAS CUADRADAS Y PERFILES CURVILINEOS ESPECIALES.

SISTEMA DE ACOTACIONES

COTAS

Consideraciones generales. — Acotar, en lenguaje llano, es indicar en un dibujo las medidas reales del objeto representado. Es decir: acotar es poner medidas.

Un plano queda acotado cuando, una vez terminado el dibujo, se indican sobre él las medidas que le serán necesarias al encargado de convertir lo dibujado en algo real y corpóreo.

Naturalmente, para indicar unas medidas en un plano puede procederse de muchas maneras. Sin embargo, usted ya empieza a darse cuenta de que, en dibujo técnico, las cosas deben hacerse casi siempre de acuerdo a unas normas que resumen la experiencia de muchos años de trabajo y del sentido práctico que debe presidir toda obra técnica. El presente capítulo va destinado al estudio de las normas que presiden un buen trabajo de acotación.

En principio, toda buena acotación debe reunir dos condiciones básicas. La acotación de un dibujo técnico debe ser:

a) *Inequívoca.* Sin posibilidad de error al interpretar una cota, ni por dudas en la lectura de los números, ni por confusiones sobre la parte del dibujo a que se refiere la cota señalada.

b) *Clara,* que en realidad es lo mismo que decir que cumpla con la condición anterior, para lo cual sobrarán tachaduras, rectificaciones y números dudosamente escritos.

Unas reglas fijas, precisas y exactas acerca de la acotación de planos no existen, ésa es la verdad. Lo que sí existe son una serie de normas para casos más o menos especiales que es necesario conocer. Ya hemos dicho que a eso vamos.

Relación entre escalas y cotas. — Antes de seguir adelante, queremos salir al paso de un error de interpretación corriente entre principiantes y que consiste en relacionar el valor de una cota con el tamaño que un modelo pueda adquirir una vez dibujado a escala. Si a un aprendiz se le pide ampliar un plano al doble de como está dibujado, es muy posible que una medida o cota que en plano original lleva el número 10 indicando una distancia de diez metros, la ponga en el plano ampliado al doble como una distancia de 20 metros. ¡¡NO!!

La única relación existente entre la escala a que se ha dibujado un plano y sus cotas, es precisamente la de no estar relacionadas para nada.

Las cotas son completamente independientes de la escala del dibujo, porque su valor numérico es siempre el que corresponde al tamaño natural del elemento dibujado.

Por ejemplo: la abertura de una puerta puede ser de 0'80 m de anchura y la cota que indique esta medida llevará el valor numérico de 0'80 m, tanto si la puerta la dibujmos a escala 1 : 10, 1 : 200 ó 1 : 1000..., etcétera. Variará el tamaño del dibujo según la escala empleada, eso sí; pero el número que corresponda a cada cota será el mismo, ya que indica siempre el tamaño natural de lo dibujado. Quede eso bien claro.

NECESIDAD DE ACOTAR UN PLANO. — Es posible que usted se pregunte qué necesidad hay de acotar un plano cuando, conociendo la escala a que ha sido dibujado, podemos saber sus dimensiones reales. Es cierto; tan cierto como que la necesidad de las acotaciones depende en gran manera del grado de exactitud que requiera lo dibujado. Y eso por dos razones de peso; de carácter simplemente humano la una y razón teórica la otra.

El proyectista sabe la necesidad de dar las cosas lo más acabadas posible para evitar errores por parte del industrial encargado de la realización de lo proyectado. Como vulgarmente se dice, conviene dar las cosas mascadas.

Si a un industrial le da usted un plano sin acotar, le obliga a efectuar unas operaciones cada vez que debe pasar de las medidas del plano a las reales. Con ello aumenta usted la posibilidad de error, ¡no porque no sepa cómo calcular una medida conociendo la escala!, sino porque la inteligencia humana está sujeta a altibajos o simplemente a distracciones momentáneas. Esa es la primera razón que aconseja acotar un plano.

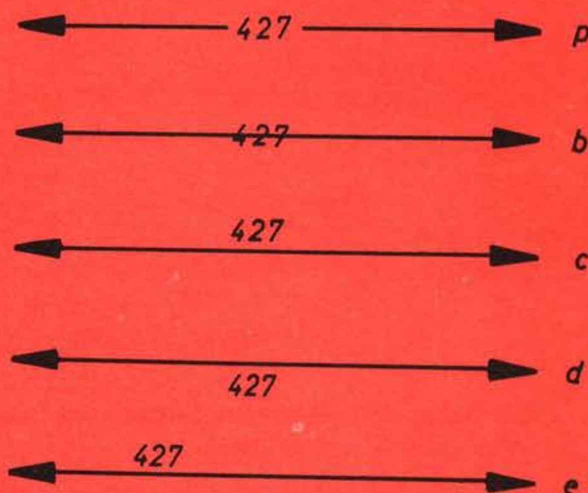
Por otra parte, por bien delineado que esté un plano, por exacto que sea un dibujo, siempre debe contarse con el grueso de las líneas. Eso, se comprende, carece de toda importancia para cosas que no requieren una gran exactitud; pero para piezas de precisión, en las que importa la centésima de milímetro, la cosa adquiere importancia. Esa es una razón técnica.

Total: que muchas veces nos veremos obligados a acotar un plano y que nos conviene conocer la...

MECÁNICA DE LAS COTAS. — Para señalar las cotas de un plano, el delineante se vale de cuatro elementos. A saber:

Líneas de cota
Líneas de referencia
Flechas terminales
Valor numérico

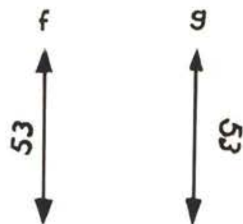
INSCRIPCIÓN DE LOS VALORES NUMÉRICOS. — Observe con atención la figura. En *a*, verá usted que el valor numérico se ha escrito interrumpiendo la línea de cota. Digamos rápidamente que es un mal sistema, si bien aún aparecen algunos planos acotados así. A continuación *(b)* se presenta el caso de un número escrito *pisando* la línea de cota. Es de un mal efecto terrible. La forma correcta de situar el valor numérico de una cota es el indicado en *c*, es decir: número por *encima* de la línea y *centrado a ella.* Nunca escriba el número debajo de la línea y mucho menos descentrado. Son los casos erróneos de la ilustración que comentamos.

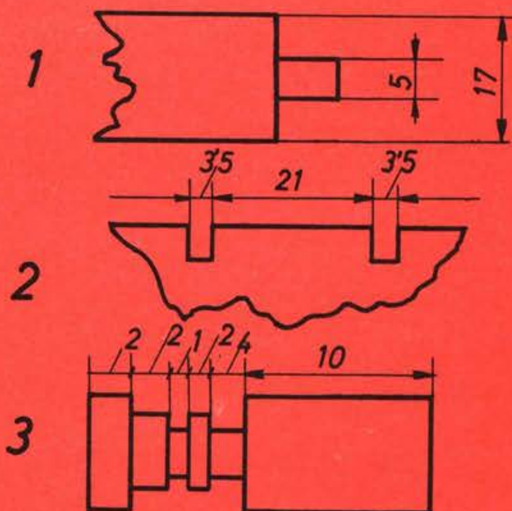


¿Y en el caso de una cota situada en sentido vertical?... Entonces debe situarse el valor numérico de acuerdo con la posición indicada en *f*, nunca con la posición *g*. La razón está en que un plano debe ser legible a partir de su posición normal y desde su lado derecho.

CASOS ESPECIALES

ACOTACIÓN DE MEDIDAS PEQUEÑAS. — Se nos presenta un primer problema: ¿qué hacer cuando en un plano nos encontramos con medidas muy pequeñas?... Es indiscutible que si procedemos como se ha explicado hasta aquí, las flechas terminales quedarán muy juntas entre las dos líneas de referencia; y si además debemos situar el valor numérico entre las flechas, organizaremos un zipizape que no habrá Salomón que lo resuelva.

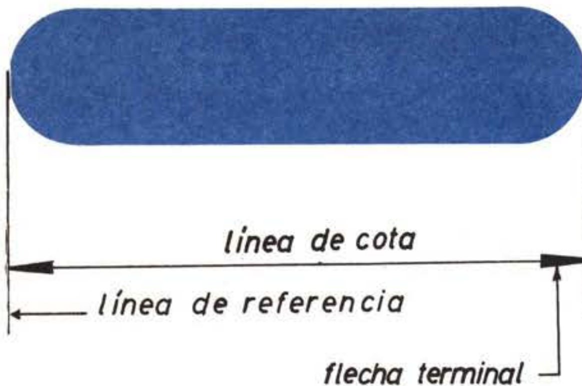




En los apartados 1 y 2 del gráfico tenemos dos casos en los que aparecen medidas pequeñas. ¿Se da cuenta de la solución encontrada?... Las flechas terminales no se han dibujado interiores a las líneas de referencia, sino por la parte exterior de las mismas. De esta manera nos evitamos amontonar tinta sobre una línea de cota.

En el apartado 2 tenemos tres cotas correlativas. Dos de 3'5 mm y una de 21 mm. Las cotas de lógica. Por este lado, pues, no hay problema.

En el gráfico adjunto puede usted ver en qué consiste cada uno de los elementos que hemos citado.

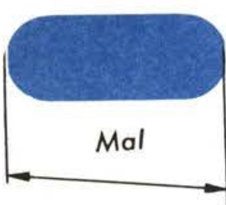


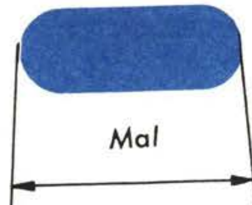
Las líneas de referencia son dos líneas que, por decirlo de algún modo, nos trasladan los puntos extremos de la longitud a acotar al lugar del plano que nos interesa. Eso, naturalmente, tiene por objeto evitar que las cotas pasen por encima del dibujo.

Las líneas de cota son las que indican la distancia entre las dos líneas de referencia y, por ende, la que señala la medida entre los dos extremos de la longitud acotada.

Las líneas de cota vienen terminadas por dos puntas de flecha, denominadas flechas terminales.

Es condición imprescindible que las líneas de referencia que limitan una línea de cota sean paralelas entre sí; no lo olvide nunca. Además, también es absolutamente necesario que las líneas de cota sean paralelas a la dirección de la medida que indican.

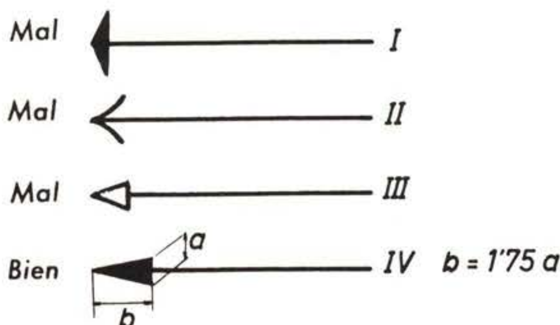




Vea usted en este gráfico dos casos erróneos. Uno por inclinación indebida de la línea de cota; y otro por haber dibujado las líneas de referencia divergentes hacia abajo. ¡Nada de eso! La única solución correcta es la que presenta líneas de referencia paralelas y verticales a la línea de cota y dicha línea paralela a la dirección de la medida acotada.



Tanto las líneas de cota como las de referencia deben dibujarse con trazo continuo fino, como quedó indicado en la página 20 de la primera lección.



Las flechas terminales no deben dibujarse de cualquier modo. La forma correcta de hacerlo es la que viene indicada en la figura IV del gráfico que tiene al margen.

No deben ser *chatas* (I), ni parecer un dibujo de chiquillos como en II; tampoco deben quedar huecas (III). Deben ser alargadas y puntiagudas. Proporcionadas, además, con buen gusto, haciendo que sean más largas que anchas. Aproximadamente como indica el cuarto ejemplo del gráfico, en el que la cota *b* es tres cuartos mayor que *a*. Esto no pasa de ser una aproximación que no obliga a una exactitud matemática.

Puede darse el caso (se da muchas veces) de tener que acotar espacios pequeños situados en el plano, uno a continuación del otro. Vea, por ejemplo, la figura 3 de este comentario. La solución es sencilla y lógica. En principio, se han suprimido las flechas terminales, sustituídas por unos pequeños trazos inclinados hacia la derecha.

Pero, además, se ha superado otro escollo. Observe que si en estas medidas pequeñas nos proponemos escribir los números entre las flechas terminales, tendríamos que hacerlos tan pequeños que resultaría dificultoso leerlos. Para evitar esta dificultad, se escriben los números más arriba de lo que les corresponde, relacionándolos con la línea de cota mediante un pequeño trazo fino que termina en un discreto punto.

¡Aun hay más! Si acotásemos la figura 3 con todos los números al mismo nivel, es indiscutible que por instinto tendríamos la tendencia a leerlos como una sola cantidad, dada su poca separación. Evitaremos esta tendencia alternando dos niveles distintos. Me parece que no hay ninguna dificultad en todo eso, ¿verdad?

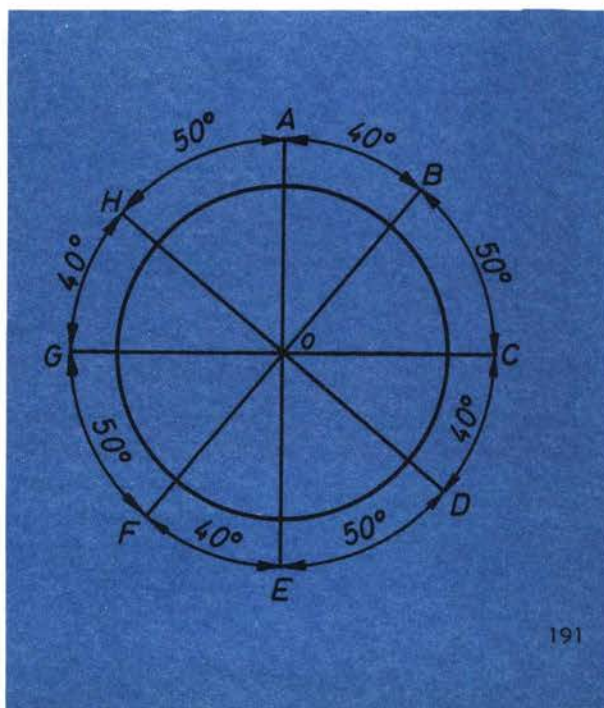
REFERENCIAS ESPECIALES

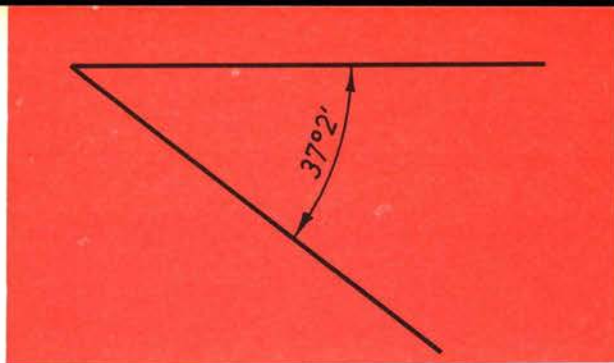
LÍNEAS DE REFERENCIA INCLINADAS. — Resultan particularmente útiles para acotar diámetros cuando el plano es algo complicado. En general, este tipo de líneas de referencia se usa para planos de conjunto. Es decir, para planos que representan un conjunto de piezas acopladas entre sí y mayormente si están acopladas sobre un eje. Entonces, inclinando las líneas de referencia, se gana claridad en las cotas.

COTAS ANGULARES. — También los ángulos tienen su valor y también deben acotarse indicando el número de grados que valen. ¿Cómo hacerlo?... Vamos a dar muy rápidamente la explicación, porque suprimiremos palabras que sólo conseguirían confundirnos y, en cambio, daremos una circunferencia *tipo* que nos servirá de norma para todos los casos de cotas angulares con que podamos encontrarnos.

Vea la circunferencia del margen. En ella se ha trazado una serie de ángulos de distinto valor. Como puede ver, la línea de cota se ha convertido en un arco de circunferencia con dos flechas terminales, cosa que no puede ser más clara.

El problema se presenta a la hora de situar los valores numéricos de estas cotas, situación que depende a su vez del emplazamiento del ángulo dentro del plano. Ahora bien: sea cual fuere la situación del ángulo, forzosamente será posible situarlo en uno de los sectores en que ha quedado dividida nuestra circunferencia tipo. Por debajo de nuestra circunferencia





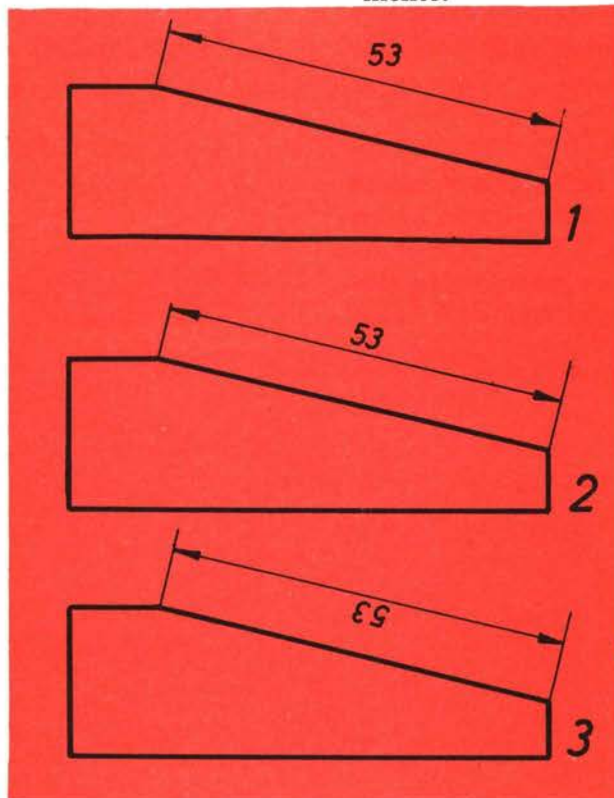
he dibujado un ángulo cualquiera, y le pregunto: ¿por qué el valor numérico de este ángulo se ha situado interior al arco y no exterior?... Pues simplemente, porque este ángulo, por su inclinación, podemos situarlo entre los sectores C O D y D O E.

Observe que los ángulos que quedan en el semicírculo inferior llevan los números en la parte interna, mientras que los demás (los de la semicircunferencia superior) los llevan en la parte externa del arco.

Otra cosa a tener en cuenta: los valores numéricos de las cotas angulares deben estar situados de forma que sean legibles mirando *desde abajo*.

Siempre que se encuentre en la necesidad de acotar un valor angular, pregúntese usted mismo: Este ángulo, en caso de trazar toda la circunferencia, ¿pertenecería a la mitad superior o a la inferior de la misma?... Según sea la respuesta, ya sabe que debe situar los números interiores al arco o exteriores a él.

COTAS INCLINADAS. — Supongamos que tenemos una pieza que presenta una línea inclinada respecto al plano de tierra. Podemos encontrar distintas soluciones para acotarla, tres de las cuales le indico gráficamente.



¿Cuál de estas tres formas es la correcta? Por poco sentido de la estética que uno tenga, se da cuenta de que la solución I y la solución III son catastróficas. Nos queda la II, que produce una sensación mucho más agradable.

De acuerdo; ésta es la forma correcta de situar el valor numérico en esta cota inclinada. Pero ¿por qué esta forma y no las otras?

Podemos responder apelando al buen gusto, que es lo que en realidad hacen la mayoría de delineantes. Acotan bien, por simple intuición, porque su sentido de la estética hace que les repugnen las soluciones incorrectas. Sin embargo, confiar de una manera absoluta en la propia intuición es peligroso, ya que todos estamos expuestos a un despiste momentáneo, pero que queda patente en un plano.

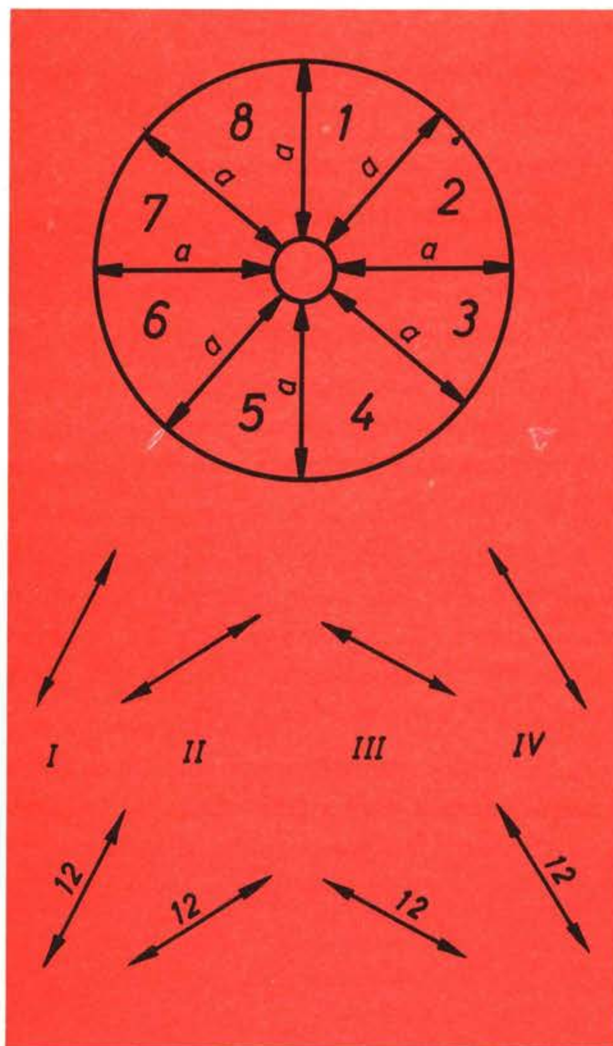
De la misma forma que las cotas angulares requerían una determinada situación de sus valores numéricos, también la situación de estos valores en las cotas inclinadas dependerá precisamente del *sentido* de su inclinación.

¿Por qué no establecer también una circunferencia tipo para poder relacionar con ella las inclinaciones que puedan encontrarse en un plano?... A ello vamos:

Dividamos una circunferencia en ocho sectores distintos de acuerdo con el valor de los ángulos. Convertimos en líneas de cota los radios que delimitan los sectores, cuyo valor numérico representamos por la letra *a*.

Y para saber la situación correcta del valor numérico de una cota inclinada, bastará relacionar la inclinación de la misma con los sectores de la circunferencia y ver en cuál de ellos podemos situar la inclinada en cuestión. Situaremos el valor numérico de la cota conforme indique la circunferencia *tipo*.

Tenemos las cotas inclinadas I, II, III y IV. ¿Cuál será la situación correcta de su valor numérico?... Observe que la cota I puede situarse en los sectores 1 y 5. La II, en los sectores 2 y 6. La III, en los 3 y 7; y la IV, en los sectores 4 y 8. Por lo tanto, acotaremos según la posición del valor numérico de los radios de la circunferencia. Vea la solución en estas mismas líneas de cota suponiendo que se trate de un valor numérico de 12... lo que sea.



COLOCACION Y DISTRIBUCION DE LAS LINEAS DE COTA

Antes de proseguir nuestro estudio, vamos a dar una serie de siete recomendaciones que deberá tener en cuenta si quiere que sus planos resulten acotados con perfección absoluta. El delineante consciente sabe muy bien que lo que sale de sus manos es la base para la fabricación y que, normalmente, no será él quien construya lo dibujado. Es más: muchas veces no llegará a ver al fabricante. Por lo tanto, cuando el plano sale de sus manos, debe ser comprendido por cualquier persona capaz de interpretar un plano. Eso quiere decir que debe ser completo y claro, sin posibilidad de falsas interpretaciones. Y ello lo conseguirá, en cuanto a acotaciones se refiere, teniendo en cuenta lo que sigue.

Verá que damos de forma categórica las normas. Decimos *eso debe ser así*, o *eso no debe ser así*. Usted, empero, añada mentalmente *siempre que sea posible*.

Normalmente siempre es posible cumplir con las recomendaciones que daremos; pero ello no excluye la posibilidad de que en casos muy especiales debamos saltarnos a la torera alguna recomendación. ¿Comprendido?

Vamos con las recomendaciones:

1. LAS COTAS DEBEN SER SIEMPRE EXTERIORES AL DIBUJO. — Debe procurarse que no haya líneas de cota que atraviesen el dibujo. Evitaremos que las líneas de cota se confundan con otras de distinta especie aligerando el dibujo de un exceso de cruces de líneas.

2. NO ATRAVESAR ZONAS RAYADAS. — En muchos planos aparecen zonas rayadas. Puede inducir a error el hecho de que una línea de cota atraviese una de estas zonas, máxime cuando el valor numérico queda encima de las rayas.

3. LAS LÍNEAS DE COTA O DE REFERENCIA NO DEBEN CRUZARSE JAMÁS. — Si quiere volver loco a un industrial, dele un plano en que las líneas de cota se crucen. Si el plano es un poco complicado y con muchas cotas, acabará por no saber cuáles son las que corresponden a una línea de cota y cuáles corresponden a otra.

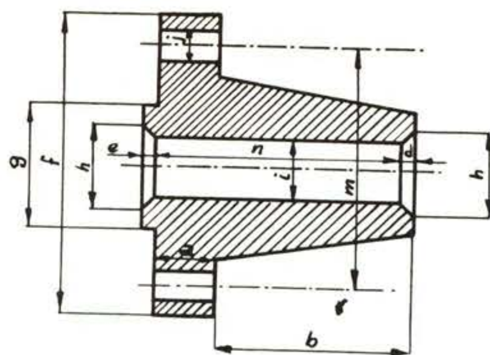
4. LAS COTAS MENORES DEBEN SER LAS MÁS CERCANAS A LA FIGURA. — Es el mejor sistema para evitar cruces en las líneas de cota. Empezar por acotar las medidas más pequeñas manteniéndolas cerca de la figura. Nos iremos alejando a medida que el valor de las cotas aumente.

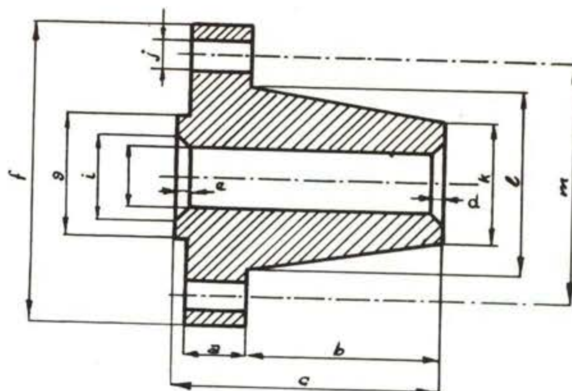
5. EL VALOR NUMÉRICO DEBE LEERSE CON CLARIDAD. — Comprenda usted que si en una acotación los valores numéricos están escritos con *letra de médico*, no habrá sistema de entenderse. Los números deben ser claros y *todos del mismo tamaño*. Es un error muy común entre aprendices escribir números pequeños cuando se acotan medidas pequeñas y números grandotes cuando se trata de medidas más considerables. ¡No lo haga usted! Los números de cota deben ser todos del mismo tamaño en cada plano.

6. NO REPETIR NINGUNA LÍNEA DE COTA. — Cada medida debe estar acotada una sola vez. Todo lo que represente simplificar conviene a un plano, y es complicar las cosas indicar una misma cota más de una vez.

7. NO OLVIDAR NINGUNA COTA. — ¡Eso sí que es importante! De ello depende en gran parte la posibilidad de una fabricación sin errores.

El sistema de no olvidarse ninguna cota consiste en convertirse de delineante en constructor. Es decir: ponerse mentalmente en el lugar del

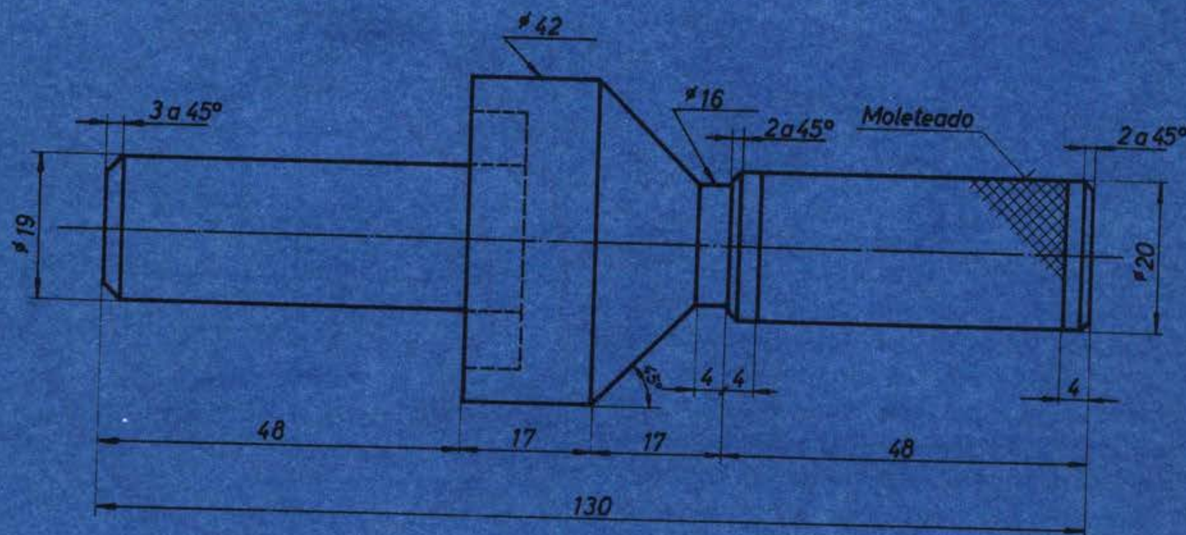




industrial e imaginarse que es uno mismo quien debe construir la pieza que ha proyectado. Es evidente que si hay algún olvido nos daremos cuenta de él, puesto que llegará un momento en que no sabremos las medidas que (puestos en plan de constructor) daríamos a la pieza.

La figura M está pésimamente acotada. Incluso faltan cotas. No se ha respetado ninguna de las reglas que acabamos de dar.

En cambio, la figura B es un dechado de perfección en cuanto a cotas. Observe usted cómo se van cumpliendo una a una cuantas recomendaciones acabamos de dar. Es evidente que ya a simple vista la calidad del plano B nos hace mirarlo con muchísimo más agrado que el plano M. Nadie daría un céntimo del plano mal acotado.



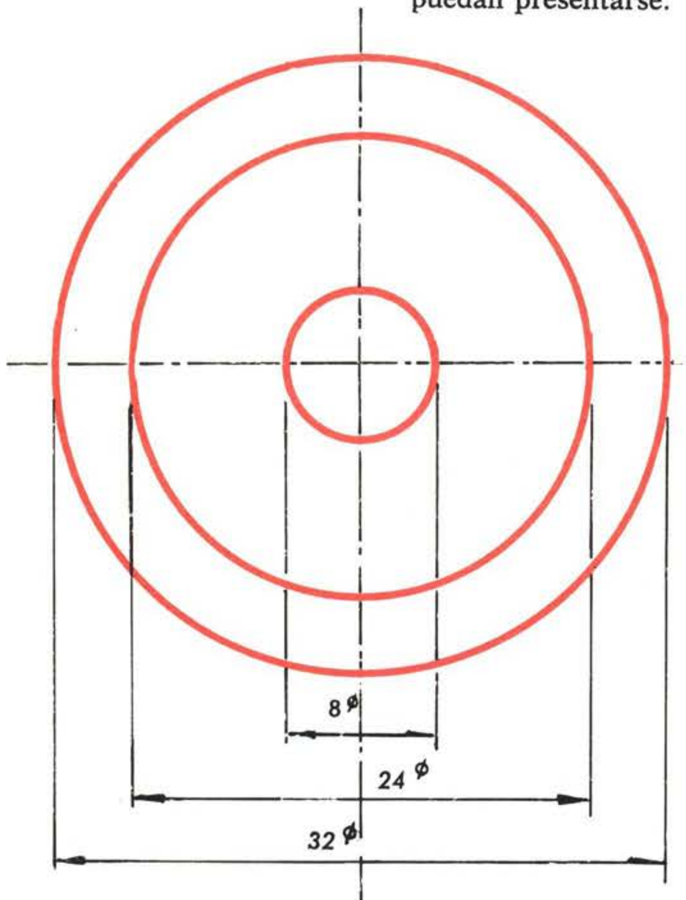
Util herramienta para entrar cojinetes (ejemplo práctico de acotación).

ACOTACION DE SUPERFICIES CURVAS Y ESFERICAS

Hasta aquí nos hemos circunscrito a las acotaciones de superficies planas o rectas, pero como usted puede comprender en la mayoría de los casos tenemos que habérnoslas también con trazos curvos, tales como arcos de circunferencia, cuando no con estas últimas, círculos e incluso superficies esféricas.

Todas estas líneas y superficies no se acotan señalando sus longitudes totales, sino que se procede a indicar el radio o diámetro, según los casos, que corresponda a la curva de que se trate.

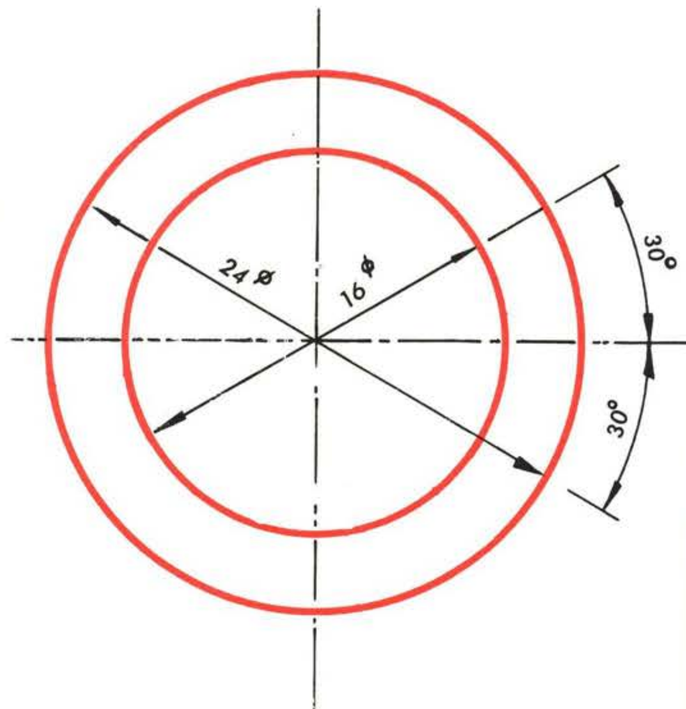
Veamos ahora la forma de proceder en las distintas modalidades que puedan presentarse.



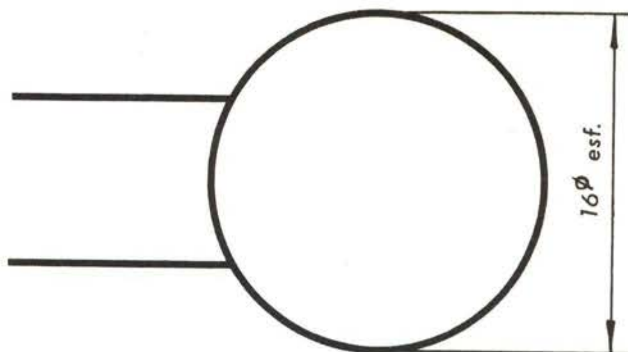
Cómo acotar diámetros. — Poco hay que decir sobre la acotación de diámetros. Este caso se presenta cuando debemos acotar la vista en planta de una pieza de forma circular. En estos casos se procede como indica la figura 1. Es decir: con cotas exteriores a las circunferencias, desplazando los valores numéricos alternativamente a ambos lados de la línea de centro (de trazo y punto) con el fin de que los valores numéricos no resulten difíciles de interpretar.

Tampoco es mal sistema acotar los diámetros mediante líneas de cota interiores que pasen por el centro de las circunferencias. Se acostumbra a inclinar estas cotas unos 30° respecto a la horizontal o vertical. (Fig. 2.)

Tanto si se procede por el sistema de cotas exteriores, como si se procede por el de cotas interiores, el valor numérico de la cota se acompaña del signo ⌀ que, como se dijo en la lección anterior, indica que se trata de un diámetro.

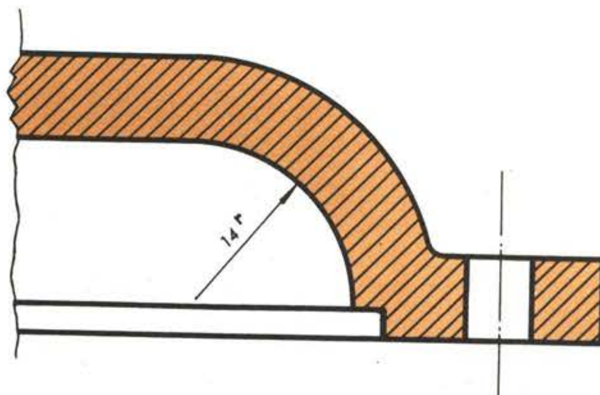


CÓMO ACOTAR SUPERFICIES ESFÉRICAS. — Es muy sencillo. Una esfera, proyectada sobre un plano, toma la forma de un círculo. Pues bien; se indica el diámetro de la esfera con su valor numérico seguido del signo ∅ y a continuación se añade la abreviación *esf.*, que indica se trata de una esfera. Es fácil, ya lo hemos dicho.

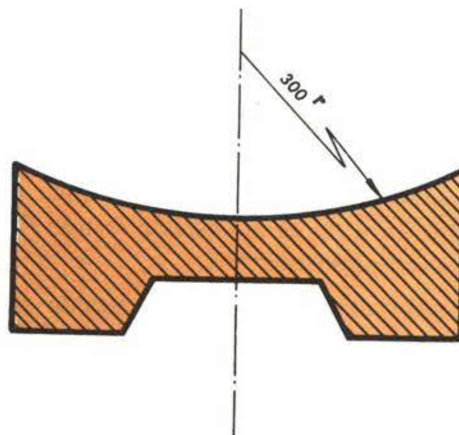


CÓMO ACOTAR RADIOS. — En la acotación de radios pueden presentarse dos casos, ambos de muy fácil solución.

a) *El radio es pequeño y queda incluido por entero en el plano.* En este caso, bastará señalar con claridad el centro y acotar el radio por medio de una flecha que partiendo del centro llegue a tocar por su punta el arco trazado con el radio que acotamos. Se escribe el valor numérico de la cota y se acompaña de una *r* situada un poco más elevada que el número, indicando que se trata de un radio.



b) *El centro del arco cuyo radio se trata de acotar cae fuera del plano.* Este caso se presenta cuando la pieza dibujada tiene superficies de curva muy poco acusada. Es el caso de la segunda figura de esta explicación. La forma de proceder es la siguiente: Se señala la línea de centro (línea de trazo y punto) y, tomando un punto cualquiera de esta línea como centro imaginario del arco, se acota el radio con una línea en forma de zig-zag (como si dibujásemos un rayo, por decirlo así). Sobre esta línea se sitúa el valor numérico *real* del radio, añadiendo la *r* correspondiente.

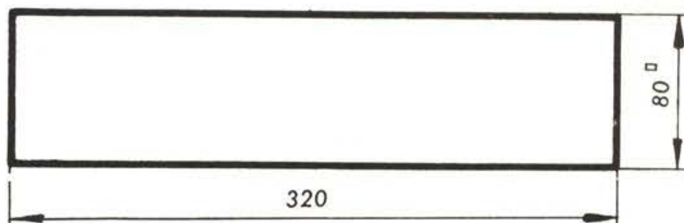


ACOTACION DE PIEZAS CUADRADAS

A continuación del valor numérico se añade el signo que significa que la cota a que nos referimos es lado de un cuadrado.

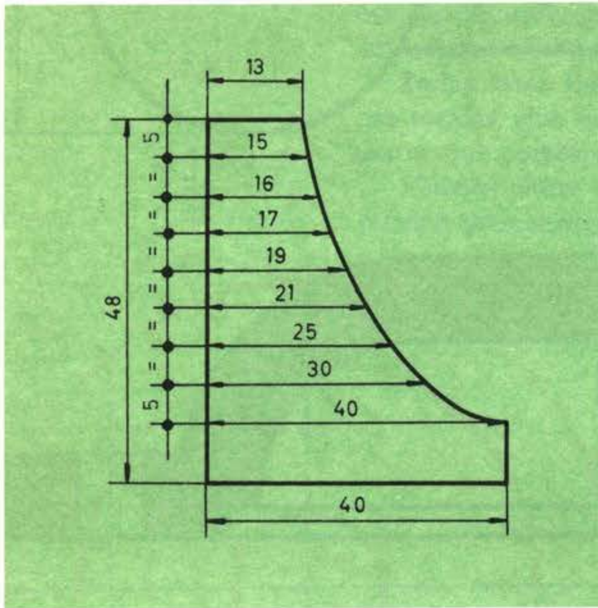
Vea usted la figura adjunta. En ella aparece una cota normal, que es la mayor, y otra cota cuyo valor numérico va seguido del signo

Estos 80 milímetros son el valor de un cuadrado de 80 mm de lado. Es decir: Esta vista representa una pieza cuya vista principal (la que hemos dibujado) tiene la forma de un rectángulo de 320 × 80 mm y cuya vista late-



ral sería un cuadrado de 80 mm de lado... que no dibujamos por bastar la notación para saber que la cota correspondiente corresponde a una superficie cuadrada.

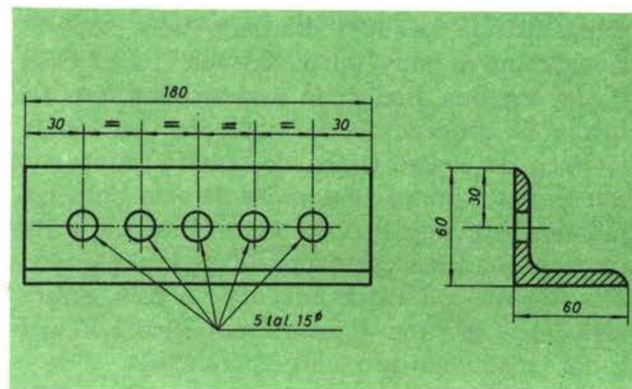
Cuando se trata de piezas sueltas, se emplea normalmente esta notación en vez de dibujar la vista lateral demostrativa de la forma cuadrada de la misma.



Acotación de perfiles curvilíneos especiales. — Cuando nos encontramos con piezas con un perfil que siendo curvilíneo no es un arco de circunferencia (con lo cual no hay posibilidad de indicar el radio), se procede de la forma que indica la figura: Dividiremos la longitud abarcada por la proyección de la curva sobre una vertical en un cierto número de partes iguales, y las acotaremos. Vea que en nuestro caso tenemos ocho partes de 5 mm cada una. Mediante paralelas trazaremos las líneas de cota que van desde cada uno de los puntos de división encontrados a la curva que nos ocupa. Poniendo el valor numérico a estas líneas de cota, habremos solucionado el problema.

Cotas iguales y repetidas. — Cuando en un plano se presenta una serie de cotas, una a continuación de otra, cuyo valor numérico es el mismo, puede suprimirse el valor numérico excepto en las cotas extremas y sustituirlo por un signo *igual* (=). Tal es el caso de la figura adjunta y tal es el caso de la que ilustra la explicación anterior.

Volviendo al caso presente, puede observar que la pieza dibujada tiene cinco taladros iguales. En este caso, y siempre que haya una serie de notaciones iguales, pueden indicarse de una sola vez. Aquí, en lugar de indicar cada vez el valor del diámetro, nos las hemos in-



geniado para *decir* con una sola notación que se trata de cinco taladros de 15 mm de diámetro: 5 tal. 15 ∅.

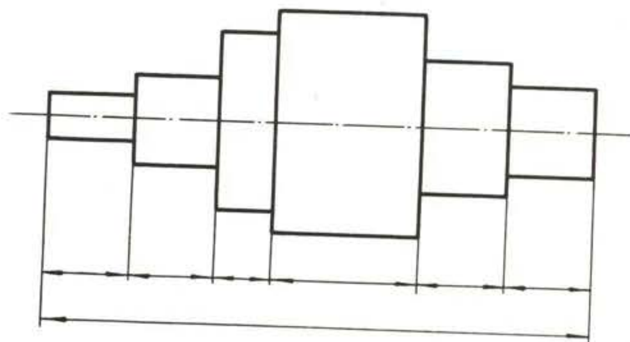
SISTEMAS DE ACOTACIONES

Existen varios sistemas para acotar un plano, de los cuales citaremos los cuatro más empleados. Pero conviene puntualizar, para evitar falsas interpretaciones, que para los cuatro rigen las normas dadas en la lección anterior.

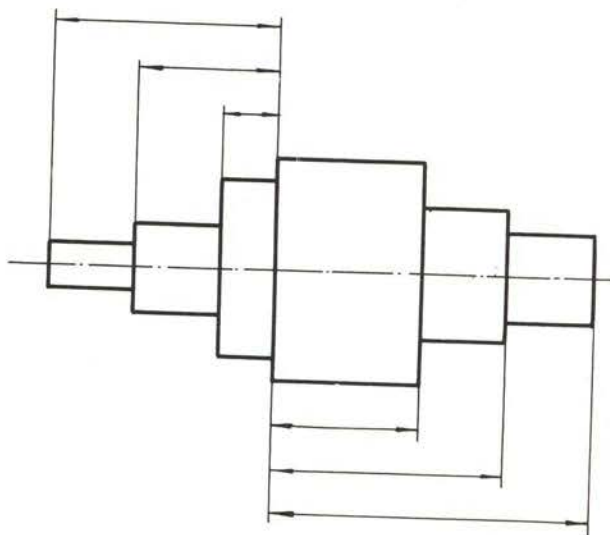
En realidad, estos cuatro sistemas son otros tantos modos de situar las cotas de un plano conforme a un orden establecido, y de acuerdo con la misma naturaleza del plano, a fin de conseguir la mayor claridad posible en la distribución de las cotas.

Estos cuatro sistemas son:

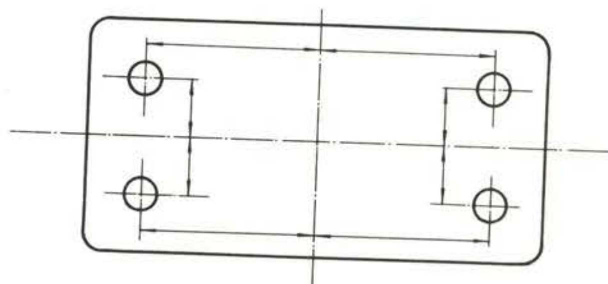
I. La acotación en cadena
II. La acotación en paralelo
III. La acotación cartesiana ortogonal
IV. La acotación polar



I. LA ACOTACIÓN EN CADENA. — Es el sistema más empleado. Cada elemento se acota a partir del elemento anterior, formando a modo de los eslabones de una cadena. La ilustración adjunta es suficientemente elocuente, ¿verdad?... La longitud de cada cota se toma a partir del final de la anterior, hasta el principio de la siguiente. En este sistema se acostumbra indicar la cota total para poder comprobar la exactitud al fabricar la pieza.

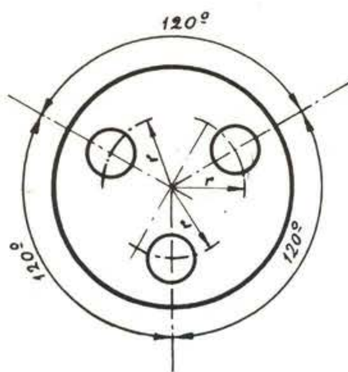


II. LA ACOTACIÓN EN PARALELO. — Observe usted la figura. Es exactamente la misma que nos ha servido para el ejemplo anterior, pero con las cotas situadas y calculadas de distinta forma. Para acotar en paralelo debe tomarse una referencia para todo un grupo de cotas, calculando su valor a partir de esta referencia. Así, cada cota comprende también el valor de las de orden inferior. En nuestro ejemplo se han tomado dos grupos de cotas a partir de una misma arista, unas por encima y hacia la izquierda del dibujo y otras por debajo y hacia la derecha.



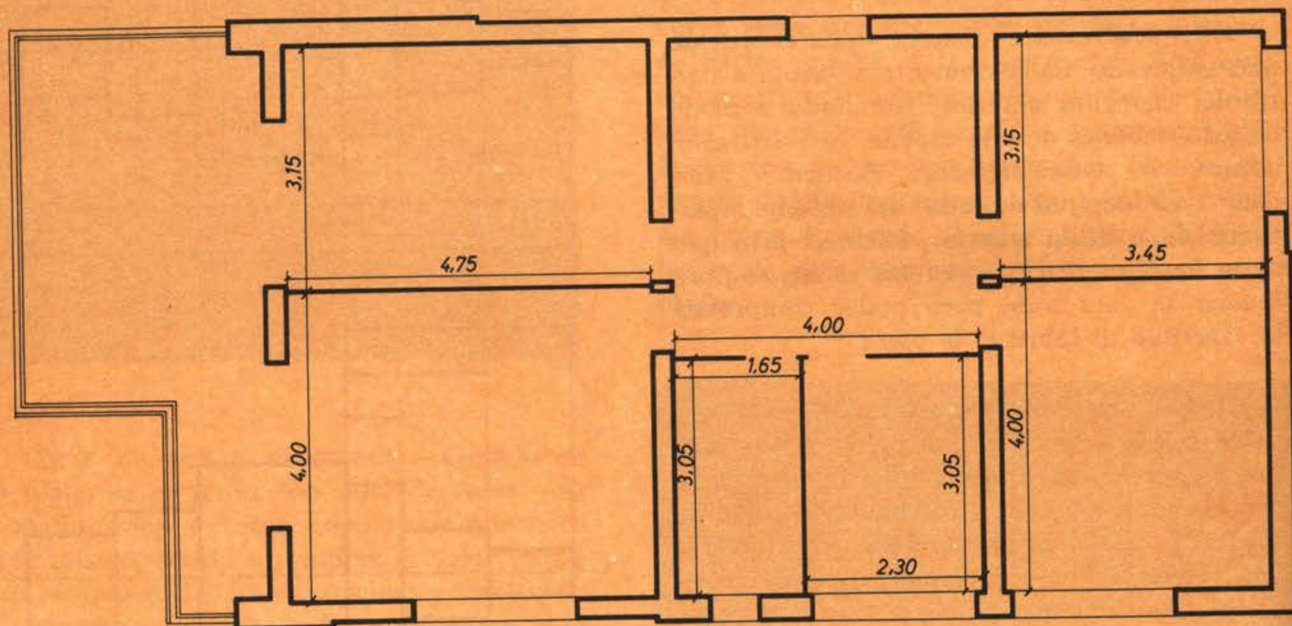
III. ACOTACIÓN CARTESIANA ORTOGONAL. — Es un sistema que se emplea mucho cuando se trata de piezas que tienen ejes de simetría. En estos casos, como expresa claramente la figura adjunta, los elementos se acotan refiriéndolos a dos ejes coordenados, uno vertical y otro horizontal. No hay problema.

IV. ACOTACIÓN POLAR. — Es un sistema muy práctico para acotar piezas circulares con taladros. En casos como el de la figura y parecidos, se toma el centro de la circunferencia dibujada como centro de referencia de cotas y



a partir de él se acotan las distancias a los distintos taladros indicando que se trata de un radio. Añadamos, empero, que se considera como distancia del centro de referencia al taladro la que va de centro a centro; es decir: desde el centro de referencia al centro del taladro.

Además se acotan los ángulos que forman las distinas rectas que a partir del centro de referencia pasan por el centro de cada uno de los taladros. De esta forma tenemos señalada la distancia que los separa del centro y la abertura angular que los separa entre sí.



Terminaremos este estudio sobre la acotación de planos incluyendo un plano de construcción; concretamente la planta de un piso.

Estas plantas tienen por objeto demostrar la distribución interior de una vivienda, así como el grueso de las paredes, aberturas, etc. En las lecciones para especialistas en construcción, debemos desarrollar extensamente el concepto de planta y ver los distintos tipos que pueden considerarse necesarios en un mismo proyecto.

Los planos de la construcción, ciertamente, pueden acotarse siguiendo las mismas instrucciones que acabamos de estudiar, y que regulan la acotación en mecánica. Pero, no es lo más corriente.

En construcción, es muy normal ver líneas de cota que atraviesan el dibujo e incluso líneas de cota que se cruzan. Los espacios generalmente, son suficientes para no restar claridad a las cotas aun infringiendo unas leyes que en el ramo mecánico se aplican con mayor rigidez.

La diferencia más notable que debe encontrar en este plano que ponemos a la consideración de usted, es la supresión de las flechas terminales en las líneas de cota. No le sorprenda que los límites de cota vengan por estos pequeños trazos inclinados situados en los puntos límites de la distancia acotada. Es perfectamente admisible... ¡en construcción!

FISICA 4

VOLUMEN
PESO
PESO ESPECIFICO

VOLUMEN

UNIDADES DE VOLUMEN

DEFINICIÓN. — Todo cuerpo sólido ocupa un cierto espacio. Eso no necesita ser demostrado, porque es una verdad que se comprende por intuición. Allí donde está usted, no puede estar otro al mismo tiempo, porque usted, que es un cuerpo sólido, ocupa un lugar que para ser ocupado por otro antes debe ser desalojado por usted. Pues bien:

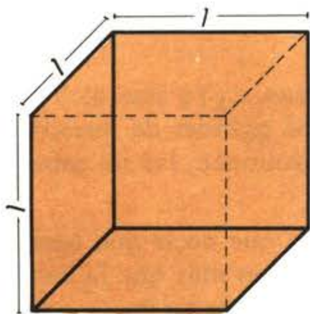
LLAMAMOS VOLUMEN A LA MEDIDA DEL ESPACIO OCUPADO POR UN CUERPO.

Si dispone usted de un recipiente lleno de agua puede considerar que este agua es un espacio (un espacio de agua, claro); y si en este recipiente echa una piedra, observará que el nivel del agua ya no es el mismo: ha subido. ¿Es que al echar la piedra ha aumentado la cantidad de agua?... No, claro. Lo que ocurre es que el espacio que antes ocupaba una cierta cantidad de agua ahora lo ocupa la piedra. Pues bien: llamaremos volumen de la piedra a la medida de la cantidad de agua que ha desplazado al sumergirse en el ambiente (espacio) líquido.

En la página 24 de la primera lección vimos cómo un cuerpo sólido es, en teoría, el resultado del desplazamiento de una superficie. Y una superficie es el producto de dos dimensiones — no vale la pena insistir sobre ello —. Luego, un volumen será el producto de tres dimensiones: las dos de la superficie engendradora, por la distancia recorrida por la misma en su desplazamiento.

UNIDAD DE VOLUMEN. — Recuerde que la unidad de superficie (unidad de dos dimensiones) era el metro cuadrado, que venía definido diciendo que era la superficie de un cuadrado cuyo lado tenía una longitud de un metro. Perfecto. Entonces, si el volumen viene expresado por tres dimensiones, ¿cuál será la unidad de volumen?...

La unidad de volumen es un cubo cuya arista tiene una longitud de un metro. A esta unidad se la llama METRO CÚBICO.



El cubo dibujado al margen representa un metro cúbico. En efecto: Hemos dicho que un volumen es el resultado de tres dimensiones. Luego, el volumen de este cubo será (largo por ancho por alto):

$$1\ \text{m} \times 1\ \text{m} \times 1\ \text{m} = 1\ \text{m}^3$$

Naturalmente, el metro cúbico tiene sus múltiplos y sus submúltiplos... como los tenían la longitud y la superficie, y cuyos nombres son los mismos (kilómetro, hectómetro, decámetro y decímetro, centímetro y milímetro) pero añadiendo el calificativo de cúbico. Así, hablaremos de un kilómetro cúbico, de un decámetro cúbico, etc.

Ahora bien; repetimos que un volumen es el producto de tres dimensiones; y así como las medidas de superficie aumentaban o disminuían de cien en cien (eran producto de dos dimensiones) las de volumen lo hacen de *mil* en *mil*.

Es lógico: ¿qué será, por ejemplo, un decámetro cúbico?... Será un cubo de $10 \times 10 \times 10$ m, como consecuencia de ser un cubo de un decámetro de arista. Luego, este producto es:

$$1 \text{ Dm}^3 = 10 \times 10 \times 10 \text{ m} = 1.000 \text{ m}^3$$

Como hicimos en anteriores lecciones con la longitud y la superficie podemos establecer las igualdades siguientes:

$$1 \text{ Km}^3 = 1.000 \text{ Hm}^3 = 1.000.000 \text{ Dm}^3 = 1.000.000.000 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ Hm}^3 = 1.000 \text{ Dm}^3 = 1.000.000 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ Dm}^3 = 1.000 \text{ m}^3$$

Observe cómo cada múltiplo es mil veces menor que el que precede y mil veces mayor que el que le sigue.

Y algo parecido podemos hacer con los submúltiplos del metro cúbico:

$$1 \text{ m}^3 = 1.000 \text{ dm}^3 = 1.000.000 \text{ cm}^3 = 1.000.000.000 \text{ mm}^3$$

$$1 \text{ dm}^3 = 1.000 \text{ cm}^3 = 1.000.000 \text{ mm}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = 1.000 \text{ mm}^3$$

De entre los múltiplos y submúltiplos del metro cúbico tiene una importancia especial el *decímetro cúbico*. Y si lo decimos, por algo será Vamos a ver dónde radica esta importancia.

VOLUMEN Y CAPACIDAD

TODO VOLUMEN IMPLICA UNA CAPACIDAD. — Decimos que un metro cúbico es un cubo de un metro de arista. Podemos considerar que este cubo es de hierro, o de piedra, o de cualquier materia. Podemos considerar que se trata de un cubo macizo; pero también puede ser que se trate de una caja cúbica que pueda ser *rellenada* de agua, por ejemplo. Es indiscutible que una vez lleno tendremos un volumen de *un metro cúbico de agua*. Pues bien: cuando nos referimos a la *cantidad* de *algo* que cabe en una medida de volumen hablamos de *capacidad*. Hablamos de la capacidad de un metro cúbico, diciendo que en él caben 1.000 litros; de la capacidad de un decámetro cúbico diciendo que es capaz de contener 1.000.000 de litros...

DECIMOS QUE EN UN DECÍMETRO CÚBICO CABE UN LITRO... ¡Ya está dicho! Así, sin más, hemos enunciado una de las cosas más grandes de nuestro sistema métrico: la relación entre las medidas de volumen, las de capacidad y las de *peso*. ¡Sí, las de peso también!

Es lo mismo decir que tenemos un *litro* de agua que decir que tenemos un *decímetro cúbico* de agua, porque un litro no es más que la cantidad de líquido que cabe en un cubo de un decímetro de arista.

Y es lo mismo hablar de un *kilogramo* que del peso de un *litro* de agua... en ciertas condiciones de presión, temperatura y densidad, porque un kilo no es más que el peso de un decímetro cúbico (un litro) de agua... bajo unas condiciones establecidas. O sea que:

$$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ litro}$$

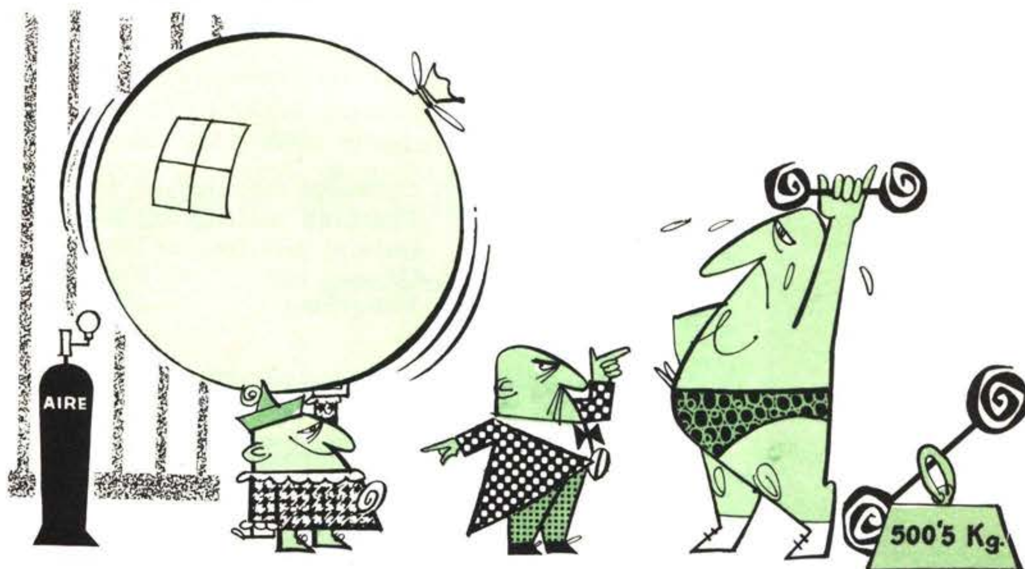
$$1 \text{ litro (de agua)} = 1 \text{ kilogramo}$$

PESO
UNIDADES DE PESO
PESO ESPECIFICO
DENSIDAD Y PESO ESPECIFICO
TABLA DE PESOS ESPECIFICOS

PESO. — El concepto de peso es quizás de los más inmediatos a la naturaleza humana, puesto que va unido casi indefectiblemente a la idea de fuerza. En efecto: evaluamos el peso de una cosa según el esfuerzo que necesitamos para levantarla o simplemente para sostenerla. A todos nos ha sucedido que viendo un objeto de poco volumen, pequeño, nos hemos equivocado en la apreciación mental de su peso. Al tomarlo en nuestras manos y querer trasladarlo de un lugar a otro, la primera sensación ha sido de sorpresa al comprobar que requeríamos un esfuerzo muscular superior al que por su poco bulto habíamos pensado efectuar. La exclamación es inmediata: ¡Uf, cuánto pesa!

El fenómeno algunas veces es opuesto: por lo mucho que abulta un objeto tenemos la idea de que su peso (este esfuerzo que necesitamos para moverlo) será muy grande, y es nuestra sorpresa la que resulta grande al comprobar que puede moverlo un niño que aun no se ha desprendido de sus pañales: ¡Caramba, pero si no pesa nada!

Vemos que el concepto de peso va íntimamente ligado a una idea de fuerza y volumen. Pero, en principio, ¿a qué podemos llamar peso?... LLAMAMOS PESO A LA FUERZA CON QUE UN CUERPO COMPRIME SU PROPIA BASE DE SUSTENTACIÓN.



Si en la palma de la mano derecha tenemos una botella llena de agua, y en la de la mano izquierda una botella igual pero llena de arena, tendremos de inmediato la sensación de que la mano izquierda queda más oprimida que la derecha. ¿Razón?... La arena pesa más que el agua y comprime su base de sustentación, que en este caso es la palma de una mano, con más fuerza que el agua.

UNIDADES DE PESO

Surge inmediatamente el interrogante. Estamos de acuerdo en que la botella que contiene la arena pesa más que la que contiene el agua, pero, ¿cuánto más?... Decir cuánto, implica disponer de un sistema de medidas, y concretamente de una unidad de peso.

Ya en la lección anterior dejamos establecida una relación muy importante dentro de las unidades del sistema métrico al decir que el peso de un decímetro cúbico de agua era (en determinadas condiciones físicas) exactamente de un kilogramo, o kilo, si queremos llamarle por su nombre de familia. ¡Esta es la unidad de peso: el kilogramo!

Digamos qué es el kilo. LLAMAMOS KILOGRAMO AL PESO DE UN DECÍMETRO CÚBICO DE AGUA DESTILADA QUE ESTÁ A LA TEMPERATURA DE CUATRO GRADOS CENTÍGRADOS Y BAJO UNA PRESIÓN DE UNA ATMÓSFERA.

Si recuerda usted lo que quiere decir la palabra griega *kilo* (y sí lo recuerda), comprenderá inmediatamente que kilogramo equivale *a mil gramos,* siendo el gramo el submúltiplo más importante de nuestro sistema de pesas. Nos va a ser muy fácil determinar los múltiplos y submúltipos del kilo, si decimos que las medidas de peso *van de diez en diez.* Usted ya sabe que esto quiere decir que cada medida valdrá diez veces más que su inmediata inferior y diez veces menos que la inmediatamente superior. Tendremos:

Kilogramo = 10 hectogramos = 100 decagramos = 1.000 gramos = = 10.000 decígramos = 100.000 centígramos = 1.000 000 milígramos

Naturalmente, estos submúltiplos tienen su lógica abreviación:

Kg Hg Dg g dg cg mg

Existen dos múltiplos muy importantes del kilo que tienen nombres especiales. Son la TONELADA MÉTRICA (Tm) y el QUINTAL MÉTRICO (Qm), que valen respectivamente 1.000 y 100 kilogramos.

Digamos que los derivados más usuales del kilo son:

Tonelada métrica	**= 1.000 Kg**
Quintal métrico	**= 100 Kg**
Gramo	**= 0'001 Kg**
Milígramo	**= 0'001 gr**

VOLUMEN Y PESO   PESO ESPECIFICO

Hemos contestado el interrogante que nos planteaba el hecho de que por el esfuerzo muscular que necesitábamos para sostener una botella llena de agua y otra llena de arena llegábamos a la conclusión de que pesaba más la arena que el agua. Estableciendo un sistema de medidas



de peso podemos saber cuánto más pesa una cosa que la otra. Pero nosotros, que somos observadores, nos sentimos intrigados por otra cuestión: ¿Por qué la botella de arena pesa más que la de agua, si ambas ocupan exactamente el mismo volumen?...

Aquí viene a cuento la tan gastada broma de preguntar a un amigo qué pesa más, si un kilo de plomo o un kilo de paja. Es para sorprender incautos, pero no resulta muy extraño encontrarse con quien diga muy convencido que pesa más un kilo de plomo. Los que tal responden se dejan dominar por la idea del volumen, porque saben que para obtener un kilo de paja necesitarán un *bulto* mucho mayor que para un kilo de plomo. Esta certeza les hace decir que un kilo de plomo pesa más que el mismo peso en paja, cosa que, naturalmente, es una barbaridad.

El hecho de que para conseguir un kilo de peso de determinada sustancia necesitemos una gran cantidad (en volumen) de la misma y que, en cambio, para otras sustancias con muy poco volumen de las mismas lleguemos a contar un kilo, viene relacionado con lo que se llama PESO ESPECÍFICO de la materia.

LLAMAMOS PESO ESPECÍFICO DE UNA DETERMINADA MATERIA AL NÚMERO QUE EXPRESA EL PESO EN KILOGRAMOS DE UN DECÍMETRO CÚBICO DE LA MISMA.

Este simple enunciado nos explica que el aceite flote sobre el agua. Es que el peso específico del aceite (el peso en Kg de un decímetro cúbico de aceite) es menor que el peso específico del agua, que es 1. El peso específico del aceite de oliva es 0'915, lo cual quiere decir que un decímetro cúbico de aceite pesa 0'915 Kg. Menos que un decímetro cúbico de agua, cuyo peso específico sabemos que es 1. Es lógico, pues, que el aceite flote en el agua.



Del mismo modo, cuando decíamos que la arena pesaba más que el agua era porque el peso específico de la arena es 1'6 en tanto que el del agua, lo repetimos, es 1. La arena, pues, pesa 1'6 veces más que el agua.

Es fácil darse cuenta de que el pèso específico de una determinada materia es una relación entre su peso en Kg. y el volumen en dm³ que ocupa para llegar a dicho peso. O sea que:

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{peso}}{\text{volumen}}$$

Según esta igualdad, se comprende que el peso específico del agua sea el 1, la unidad, ya que si por definición decimos que kilo es el peso de un decímetro cúbico de agua, tendremos que:

$$\text{Peso específico del agua} = \frac{1\ \text{Kg}}{1\ \text{dm}^3} = 1$$

Si una determinada materia, para completar un peso de 1 Kg requiere un volumen de 2 dm³, será evidente que pesa la mitad que el agua, puesto que su peso específico será:

$$\text{Peso específico} = \frac{1\ \text{Kg}}{2\ \text{dm}^3} = 0'5$$

¿Comprende ahora qué es el peso específico de una determinada materia?...

PESO ESPECIFICO Y DENSIDAD. — LLAMAMOS DENSIDAD DE UN CUERPO A LA RELACIÓN ENTRE SU MASA Y SU VOLUMEN:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

entendiendo por masa LA CANTIDAD DE MATERIA COMPRENDIDA EN UN CUERPO.

El concepto de densidad se confunde comúnmente con el de peso específico. El motivo se comprende fácilmente, si tenemos en cuenta que, entre la masa (expresada en kilos-masa) y el peso (expresado en kilos-peso) de un cuerpo, existe la relación:

$$\text{Peso} = \text{masa} \times 9'81$$

Por lo tanto, la misma relación existirá entre el peso específico (que depende del peso) y la densidad (que depende de la masa):

$$\text{Peso específico} = \text{densidad} \times 9'81$$

es decir, que el peso específico es 9'81 veces mayor que la densidad.

Ahora bien. Como tanto el peso específico como la densidad se refieren al agua (o sea que se toma el peso específico del agua igual a uno, para los pesos específicos, y la densidad del agua igual a uno, para las densidades), el número que expresa la relación entre el peso específico de un cuerpo y el del agua, será el mismo que expresa la relación entre la densidad de dicho cuerpo y la del agua, puesto que la relación de pesos es igual que la de masas.

De aquí que, sirviendo los mismos números relativos al agua para densidades y para pesos específicos, exista esta general confusión.

DIGAMOS AHORA QUE EL PESO ESPECÍFICO SE DA SIEMPRE EN KG PESO/DM^3 (KILOGRAMOS PESO POR DECÍMETRO CÚBICO).

Terminaremos este capítulo (que debe considerar entre los importantes del Curso) dando unas tablas con los pesos específicos de los *materiales* sólidos, líquidos y gaseosos más importantes desde el punto de vista del proyectista; pero antes debemos hacer la siguiente distinción: el peso específico de los gases está calculado comparándolo con el del aire. Es decir, que para los gases se toma por unidad el peso específico del aire diciendo que es 1. Se comprende, puesto que si tomamos por punto de partida el peso específico del agua, al ser los gases tan ligeros, nos encontraremos con cantidades para su peso específico de un orden decimal irrisorio. Naturalmente, el aire tendrá su peso específico en relación al agua, que como verá en las tablas es de 0'00129.

¿Queda claro que el peso específico de sólidos y líquidos se da en relación al del agua y que el de los gases se da normalmente tomando por unidad el del aire?

Y ahora, vea las tablas, en las que a pesar de lo que acabamos de

decir damos el peso específico de los gases de las dos maneras: en relación al agua — para salir al paso de cualquier problema que así lo requiera — y en relación al aire, que es lo normal.

TABLA DE PESOS ESPECIFICOS (en Kg | dm ^{3})

I. — CUERPOS SOLIDOS

Acero	7'80
Alabastro	2'60
Aluminio	2'56
Amianto	2'50
Antimonio	6'60
Antracita	1'37
Arcilla seca	1'80
Arcilla húmeda	2'60
Arena seca	1'52
Arena húmeda	1'91
Arsénico	5'70
Artículos de barro cocido	2'00
Asfalto	1'25
Azúcar	1'61
Azufre	2'01
Basalto	2'90
Bismuto	9'80
Bórax	1'75
Brea	1'02
Bronce de cañones	8'79
Bronce de campanas	8'81
Bronce de máquinas	8'50
Cal viva	2'70
Cal (mortero)	1'70
Calcio	1'50
Carbón de pino	0'20
Carburo cálcico	2'27
Caucho	0'94
Celulosa	1'56
Cemento	1'46
Cemento Portland	1'70
Cera	0'96
Cinc fundido	6'90
Cinc laminado	7'15
Cobre	8'90
Cok	0'40
Corcho	0'24
Cristal	Ver Vidrio
Cromo	7'10
Cuarzo	2'65

Cuero seco		0'86
Diamante		3'50
Escoria de altos hornos		2'50
Escoria granulada		0'88
Esmeril		4'00
Estaño		7'30
Esteatita		2'70
Fósforo amarillo		1'83
Fundición (hierro colado)		7'60
Goma		1'50
Grafito		2'00
Granito		2'75
Gravilla seca		1'43
Harina		1'56
Hielo		0'92
Hierro		7'80
Hormigón		2'40
Ladrillo corriente		1'50
Ladrillo refractario		1'85
Latón		8'30
Madera:	*verde*	*seca*
de abeto	0'90	0'47
de caoba		0'75
de castaño	0'91	0'57
de ébano		1'20
de encina	0'93	0'70
de haya	0'93	0'70
de nogal	0'88	0'66
de pino	0'90	0'53
de roble	0'99	0'85
Magnesio		1'70
Marfil		1'90
Mármol		2'70
Mica		2'90
Minio		8'85
Mortero de cal y arena		1'80
Nieve húmeda		0'95
Níquel		8'50
Oro		19'30
Papel		0'95

Parafina	0'87
Piedra de construcción	2'50
Pizarra	2'70
Plata	10'47
Plomo	11'35
Porcelana	2'26
Potasio	0'86
Refractarios	2'10
Resina	1'07
Sal de cocina	2'15
Sebo	0'93
Sodio	0'97
Talco	2'70
Uranio	18'70
Vidrio de botellas	2'60
Vidrio de espejos	2'46
Vidrio de ventanas	2'64
Volframio	19'10
Yeso en bruto	1'81

II. — LIQUIDOS

Aceite de oliva	0'91
Aceite mineral	0'93
Acetona	0'79
Acido acético 100 %	1'05
Acido clorhídrico 40 %	1'20
Acido nítrico 100 %	1'53
Acido sulfúrico 66° B	1'84
Agua	1'00
Agua de mar	1'03
Alcohol	0'79
Alquitrán	1'20
Amoníaco (disolución)	0'88
Bencina	0'70
Cerveza	1'03
Eter	0'73
Glicerina	1'26
Leche	1'03
Lejía	1'25
Mercurio	13'60
Petróleo	0'80
Vino	1'00

III. — GASES Y VAPORES

	AGUA	AIRE
Acetileno	0'00116	0'91
Acido carbónico	0'00196	1'53
Aire	0'00129	1'00
Butano	0'00258	2'00
Cloro	0'00316	2'49
Cloroformo	0'00530	4'12
Eter	0'00300	2'56
Gas del alumbrado	0'00056	0'43
Helio	0'00018	0'14
Hidrógeno	0'00009	0'07
Nitrógeno	0'00125	0'97
Oxígeno	0'00143	1'10
Vapor de agua	0'00080	0'06
Vapor de amoníaco	0'00076	0'06

Este libro
se terminó de imprimir
el día 20 de Abril de 1974